

**Treball Final de Carrera  
d'Enginyeria Tècnica d'Obres Públiques:**

**ESTUDI DE LA TIPOLOGIA I EL PERFIL  
DE MUR ÒPTIM PER LA CONTENCIÓ DE  
TERRENYS EN DESNIVELL.**

**Autor:** David Pou Felix  
**Tutor:** Jose Luis Zornoza

## **RESUM DESCRIPTIU DEL TREBALL FINAL DE CARRERA:**

### **ESTUDI DE LA TIPOLOGIA I EL PERFIL DE MUR ÒPTIM PER LA CONTENCIÓ DE TERRENYS EN DESNIVELL.**

**Autor:** David Pou Felix

**Tutor:** Jose Luis Zornoza

Davant de la necessitat de contenir un desnivell de terres cal fer l'estudi adient per dissenyar un mur que sigui estable; existeixen diferents solucions que compleixen aquesta funció, de cada una de les quals en resulten unes avantatges i desavantatges. Amb l'objectiu d'aclarir més aquest dubte o incertesa he realitzat aquest treball final de carrera.

El projecte es basa en l'estudi pel dimensionament de murs de contenció; es compara i combina les tipologies de Mur en Gravetat i en "L", amb diferents inclinacions de trasdos i longituds del taló, usant les metodologies del Sistema Europeu i Sistema Americà per calcular el valor mínim exigit dels factors de seguretat a la estabilitat. Es compara, també, les dues teories clàssiques, l'estat de Rankine i la teoria de Coulomb, per obtenir les empentes del terreny a contenir.

D'aquesta manera es cerquen les cotes geomètriques d'un perfil de Mur en secció que, com objectiu principal, resulti la longitud de la base més curta possible que compleix amb els factors de seguretat, i així utilitzar la mínima superfície de sòl en horitzontal, la qual pot ser útil per altres usos (carril, voral, serveis...). També s'estudien geometries de perfils de Mur estilitzades, que donin bona estabilitat, minimitzant així el volum de formigó a utilitzar, per tant, en infraestructures lineals de gran dimensió, s'aconsegueix una reducció significativa dels recursos i materials que afecten directament a la sostenibilitat del medi ambient.

Com a eina per realitzar aquest estudi s'usa un programa informàtic inèdit que he programat amb el llenguatge VisualBasic anomenat "Dimur".

Seguint un protocol de dimensionament, que es descriu pas per pas en aquest treball, i utilitzant el programa "Dimur", es pot definir una secció que compleixi satisfactòriament els requeriments i objectius descrits.

El protocol de dimensionament es pot seguir de forma independent tant amb el sistema de càlcul d'empentes del terreny segons Coulomb, com segons Rankine, amb el sistema Europeu o el sistema Americà, d'aquesta manera permet fer ràpides comparatives entre qualsevol dels mètodes de càlcul clàssic i concloure amb una solució ben argumentada.

El programa de dimensionament no, necessàriament, defineix un tipus de mur estàndard, ni tampoc descriu l'armat corresponent al perfil resultant.

## **NARRATIVE SUMMARY OF THE FINAL THESIS:**

### **STUDY OF THE TYPES AND CHARACTERISTICS OF RETAINING WALL TO CONTAIN A GRADIENT OF LAND.**

**Autor:** David Pou Felix

**Tutor:** Jose Luis Zornoza

Faced with the need to contain a gradient of land needed for proper study design a wall that is stable, there are different solutions that fulfill this function, each of which results in some advantages and disadvantages. In order to clarify this doubt or uncertainty, I made this final thesis.

The project is based on the study by the dimensioning of retaining walls, compared and combined types of wall, Gravity and "L", with different back inclination and heel lengths, using the methodologies of the European System and the American System to calculate the minimum required safety factor for stability. It compares also the two classical theories, the state of the theory of Rankine and Coulomb theory, to get the land jostling.

This will search the geometric dimensions in section wall, as main objective, the resulting length of the base as short as possible to meet the safety factors, and so use the minimum floor area, which can be useful for other uses (lane, shoulder, services ...). Also studied a stylized wall, giving good stability, thus minimizing the volume of concrete used, thus linear large-scale infrastructure, achieved a significant reduction of resources and materials that directly affect the environmental sustainability.

As a tool for this study used a computer program that I unpublished VisualBasic programming language called "Dimur."

With a protocol for sizing, which is described step by step in this work, using the "Dimur," you can define a section that satisfactorily meets the requirements and objectives described. The protocol for sizing can be used independently of both the system of calculation of the ground by pushing Coulomb, such as Rankine, the European or American systems thus allows to compare any of the methods classical calculation and concluded with a well reasoned solution.

The sizing program not define a standard type of wall, also not describe the iron bars.

## ÍNDEX

---

---

<b>Antecedents</b>	<b>001</b>
--------------------	------------

---

<b>Objectiu</b>	<b>002</b>
-----------------	------------

---

<b>Dades generals</b>	<b>003</b>
-----------------------	------------

Estabilitat d'un mur	<b>003</b>
----------------------	------------

Empentes del terreny, estat de Rankine i Teoria de Coulomb	<b>005</b>
--	------------

Perfil de mur en gravetat	<b>008</b>
---------------------------	------------

Perfil de mur en "L" Sistema Europeu	<b>009</b>
--------------------------------------	------------

Perfil de mur en "L" Sistema Americà	<b>010</b>
--------------------------------------	------------

Desenvolupament del programa	<b>010</b>
------------------------------	------------

---

<b>Protocol pel dimensionament d'un mur</b>	<b>015</b>
---	------------

Preparació	<b>015</b>
------------	------------

Estabilitat al bolcament	<b>017</b>
--------------------------	------------

Estabilitat al lliscament	<b>021</b>
---------------------------	------------

Trasdos quebrat	<b>023</b>
-----------------	------------



<b>Conclusions</b>	<b>025</b>
Estudi dels resultats amb els càlculs dels Factors de Seguretat amb el sistema Europeu i les empentes del terreny segons Coulomb	<b>026</b>
Estudi comparatiu de Rankine amb Coulomb amb els càlculs dels Factors de Seguretat amb el sistema Europeu	<b>045</b>
Estudi comparatiu del sistema americà amb els sistema Europeu i les empentes del terreny segons Coulomb	<b>051</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>055</b>
<b>Annex 1</b>	<b>056</b>
<b>Manual operatòria del programa “Dimur”</b>	<b>056</b>
Introducció	<b>058</b>
Executar el programa, Inici	<b>058</b>
Desar i carregar dades	<b>060</b>
Formulari Mur Genèric	<b>061</b>
Gràfics	<b>067</b>
Formulari Mur Gravetat	<b>073</b>
Altres funcions, menú Eines	<b>082</b>
<b>Annex 2</b>	<b>086</b>
<b>Fiabilitat del programa “Dimur”</b>	<b>086</b>
Primera part: Exercicis aleatoris	<b>087</b>
Segona part: Exàmens	<b>130</b>

## ANTECEDENTS

---

Per dimensionar un mur de contenció per un desnivell de terreny qualsevol, el més adient, còmoda i ràpid es usar una de les eines que ens ofereix el mercat informàtic, com per exemple alguna de les versions de CYPE Ingenieros\*.

El primer pas, en executar el programa, és introduir les dades necessàries per poder iniciar el procés de càlcul. Aquestes dades són, en termes generals, les característiques del terreny que es desitja contenir, basat en un previ estudi geotècnic, i també cal tenir en compte totes les accions i condicions de contorn.

Per seguir el dimensionament em de preveure quina tipologia de mur usarem (Mur en L o Mur Gravetat) i unes dimensions del perfil geomètric que, creiem, s'aproximarà a la solució final.

Aquests paràmetres depenen forçosament del coneixement de l'usuari, basant-se en l'experiència constructiva de murs i el nivell de dimensionament d'estructures en què ha estat format.

En el moment en què s'han decidit tots els paràmetres necessaris, es procedeix a calcular els factors de seguretat i modificar, si fos necessari, les dimensions del mur fins trobar el que compleix amb els factors de seguretat mínims exigits. Seguidament seria convenient dissenyar una segona opció, per contrarestar i assegurar que les dimensions que em escollit son les òptimes i així confirmar que la longitud de la base es la més petita possible\*\*, per usar el mínim espai de sòl sempre que complim amb els FFSS exigits.

A més, en el cas que es vulgui fer una comparativa amb un concepte diferent, no només en geometria sinó també en tipologia, és probable es tingui que utilitzar un altre programa de dimensionament.

\* Murs en mènsula de formigó armat o Murs de soterrani.

\*\* Suposant sempre que el primer criteri és satisfactori, en cas contrari caldria escollir diverses opcions fins a arribar al resultat desitjat, la quantitat de proves per trobar el mur adequat dependrà de l'experiència del usuari.

## OBJECTIU

---

L'objectiu d'aquest Treball Final de Carrera, es facilitar la decisió de quina tipologia i geometria de mur seria la més adient, adaptat a qualsevol situació que ens trobem a l'hora de contenir un terreny en concret, utilitzant la mínima superfície de sòl possible.

Quin tipus de mur? Per respondre a aquesta qüestió, he creat un programa informàtic mitjançant el llenguatge VisualBasic, que he anomenat "Dimur". Seguint un protocol d'estudi, descrit en el capítol "Protocol de dimensionament", i utilitzant el programa "Dimur", es pot definir una secció que compleixi amb els requeriments desitjats.

Aquest protocol es pot seguir de forma independent tant amb el sistema de càlcul d'empentes del terreny segons Coulomb, com segons Rankine o amb el sistema Europeu o el sistema Americà, d'aquesta manera permet fer ràpides comparatives entre qualsevol dels mètodes de càlcul clàssic.

Cal aclarir que el programa de dimensionament no, necessàriament, defineix un tipus de mur estàndard, ni tampoc descriu l'armat dels murs.

Resumint, l'objectiu d'aquest TFC és fer un "pre"-dimensionament de murs de contenció, al abast de qualsevol usuari, sense la necessitat de tenir experiència en el camp de murs de contenció i geotècnia.

## DADES GENERALS

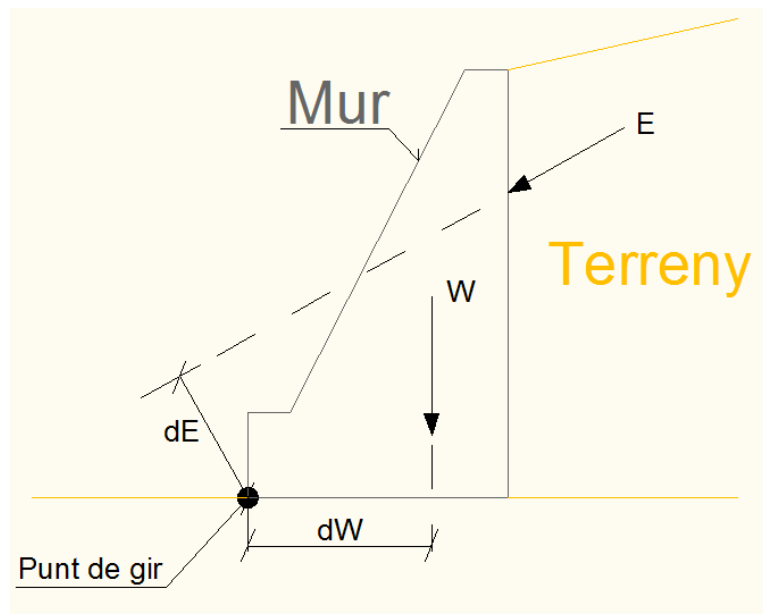
---

### ESTABILITAT D'UN MUR

Per dimensionar un mur de contenció o per verificar la seva estabilitat, es calculen els factors de seguretat al bolcament i el lliscament. Depenent dels valors que resultin deduïm l'estabilitat del mur si el aquests superen, com a concepte general, el "1,5" considerem el mur estable.

*El factor al Bolcament* és la raó del sumatori de moments estabilitzadors entre el sumatori dels moment desestabilitzadors:

$$\text{F.S.B.} = \frac{E \cdot dE}{W \cdot dW}$$

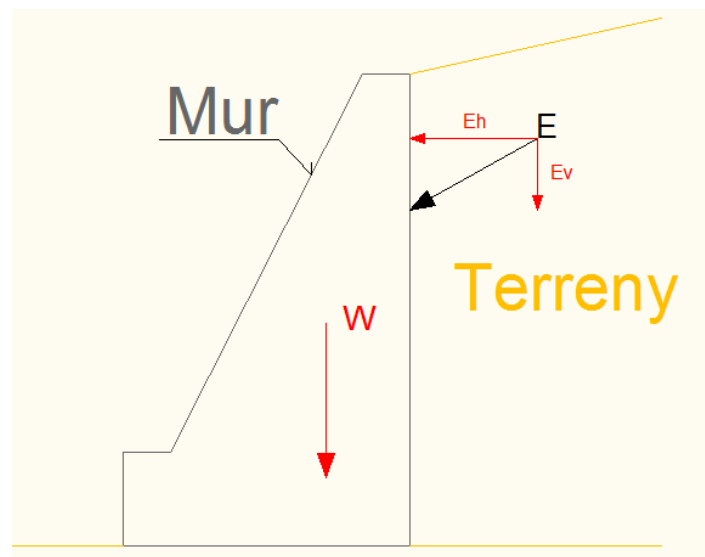


On:

- E: Empentes al trassos del mur.
- dE: Distància de les empentes respecte el punt de gir.
- W: Força resultant del pes del mur.
- dW: distància de la força del pes del mur respecte el punt de gir

*El factor al Lliscament* és la raó de les totes les components de les forces verticals per la tangent de l'angle de fregament a la base del mur, entre el sumatori de totes les forces horitzontals:

$$\text{F.S.Ll.} = \frac{(E_v + W) \cdot \tan \phi}{E_h}$$



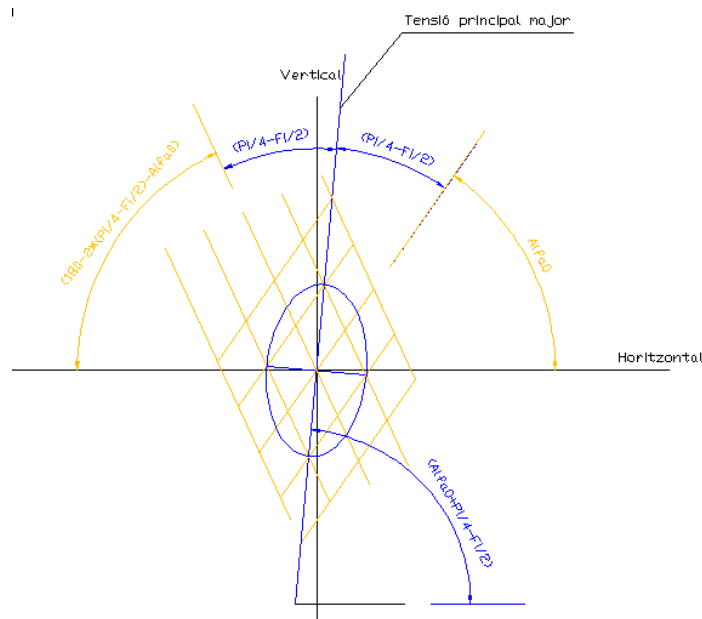
On:

- E: Empentes al trasdos del mur.
- Ev: Component vertical de les empentes al trasdos del mur.
- Eh: Component vertical de les empentes al trasdos del mur.
- W: Força resultant del pes del mur.

## EMPENTES DEL TERRENY

El valor de les empentes que genera el terreny a contenir el podem aconseguir mitjançant dos sistemes clàssics de càlcul; segons Estat de Rankine (1857) i la Teoria de Coulomb (1776).

*Estat de Rankine*; es l'estat tensional corresponent a una zona plastificada d'un terreny, en el qual les dues línies característiques d'aquest son rectes. Es considera tota la zona del trasdos del mur plastificada, amb un estat tensional que provoca l'empenta sobre el trasdos del mur. Les direccions de les línies característiques del terreny plastificat es defineixen:



On  $\phi$ : Angle de fregament intern i  $\alpha/2$  es la direcció de les línies característiques

L'empenta d'aquest terreny plastificat es la integral de la equació en funció de la profunditat que defineixen les tensions al trasdos del mur.

Seguidament es defineix una solució gràfica del càlcul:

### SITUACIÓ EXEMPLE

Inclinació tarsos=70°; Angle fregament intern=30°;

Densitat terreny.=2.5t/m<sup>3</sup>; Alçada Mur=3m.

## TENSIO NORMAL EN PROFUNDITAT (Z)

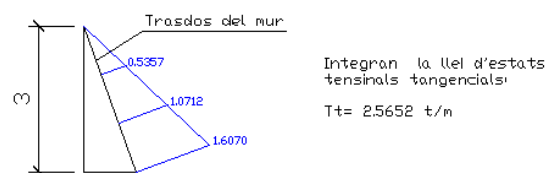
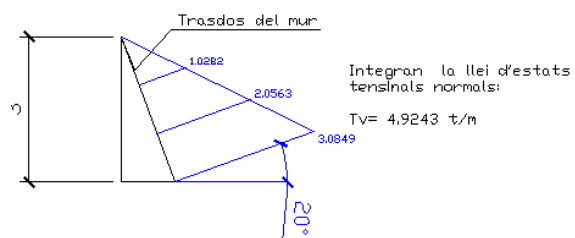
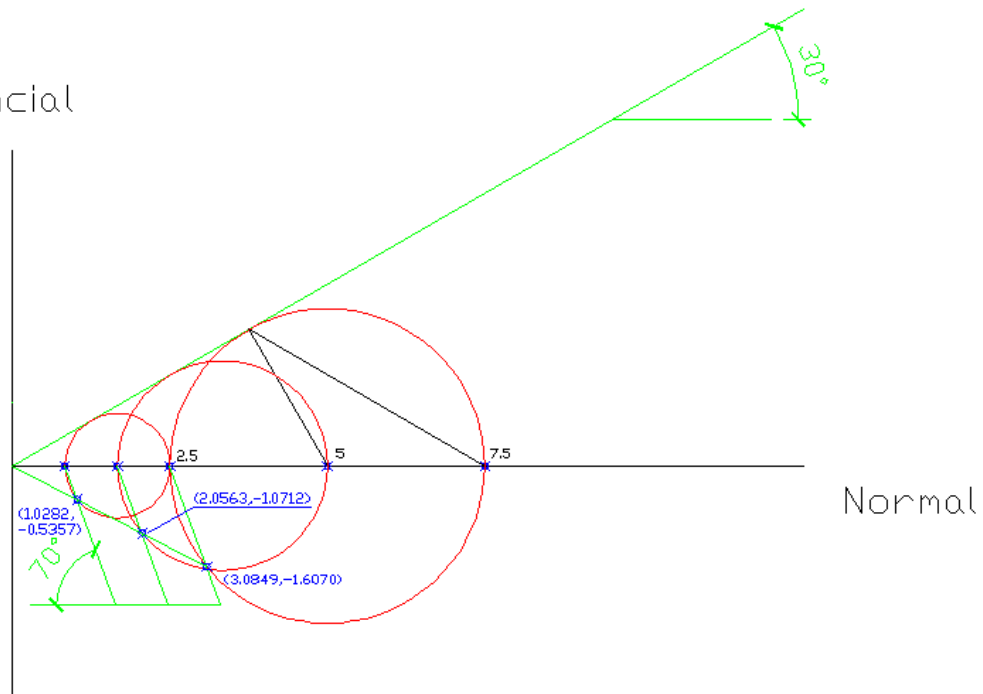
$$T_V = 2.5 \text{ z}$$

$$dz = 0 \text{ a } z < 3$$

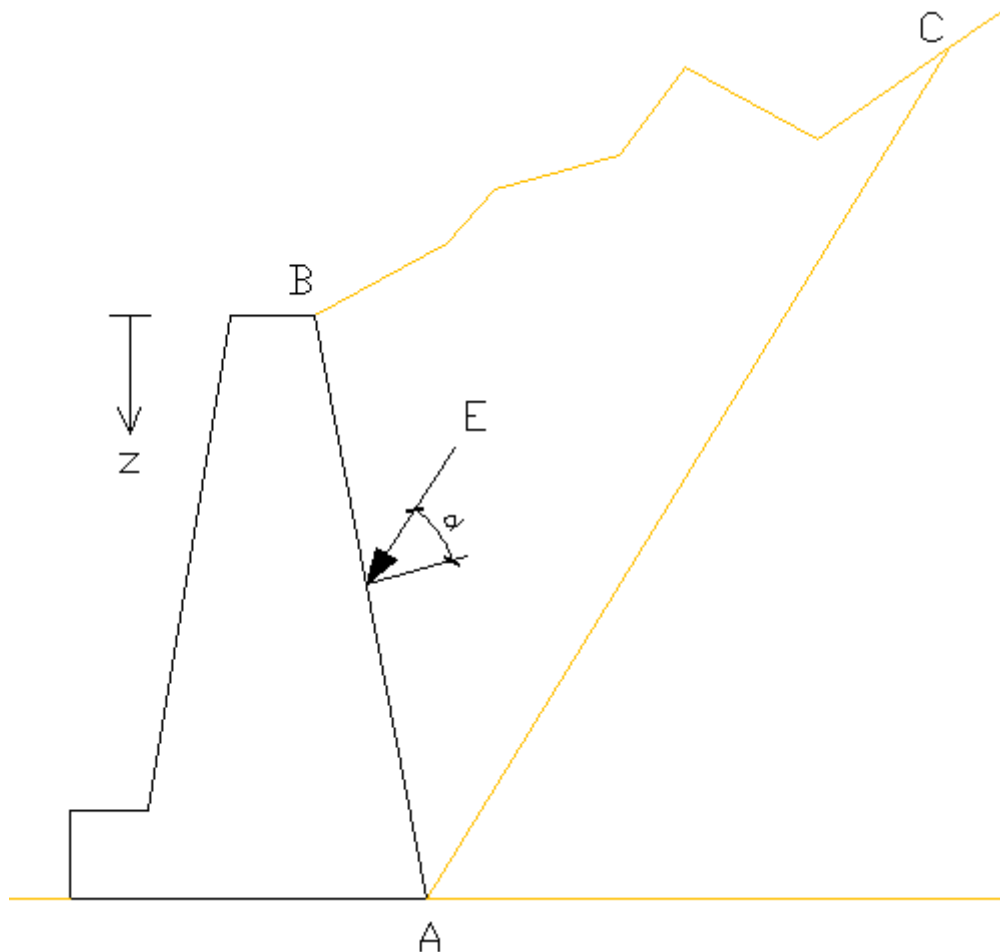
z	1	2	3
Tv	25	5	75

## SEMI ESPAI DEFINIT EN ESTAT DE RANKINE

Tangencial



*Teoria de Coulomb*; Es basa en suposar que, al moure's el mur per l'efecte de les empentes del terreny, es produeix un desplaçament de la cunya de terres limitada pel el trasdos i un pla que passa per el peu del mur.



On

Z: Profunditat  
ABC: Triangle que forma la cunya de terreny que es desplaça  
E: Empenta al trasdos del mur que genera la cunya ABC

Aquesta teoria té en compte l'angle de fregament del trasdos del mur, sobre la qual s'aplicarà una inclinació a l'empenta de terreny.

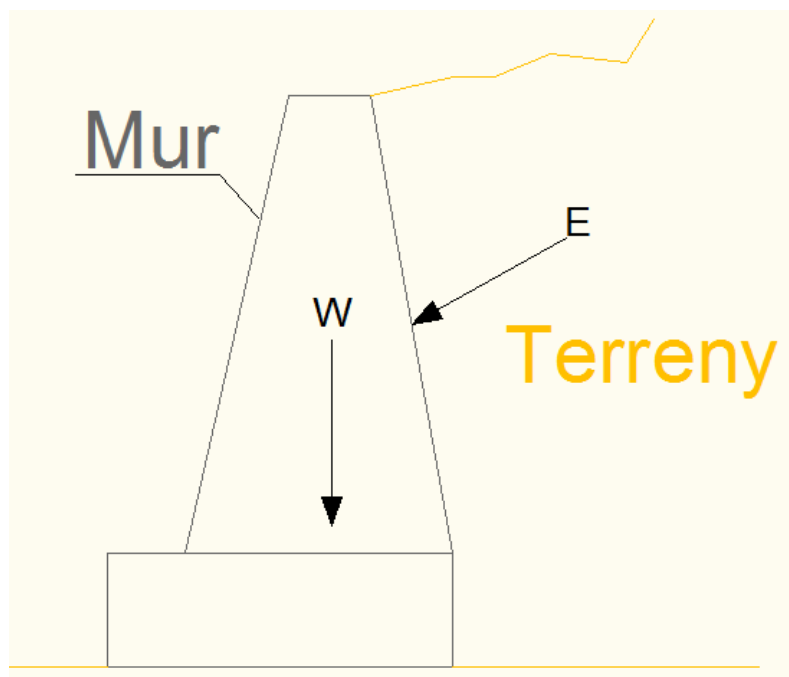


## PERFIL DE MUR EN GRAVETAT

Aquest tipus de murs acostumen a avantatjar al factor de seguretat al lliscament, degut a que la quantitat de massa de material que el caracteritza es el que aconseguixi la estabilitat, per tant, la component vertical corresponent augmenta considerablement el sumatori de forces estabilitzadores.

Es pot aconseguir millores al factor de seguretat al bolcament si el trasdos s'inclina estratègicament, per que les empentes del terreny s'inclinin de manera que redueixi la distancia on s'apliquen respecte el punt de gir i d'aquesta manera reduir el sumatori de moments desestabilitzadors.

Exemple mur gravetat:

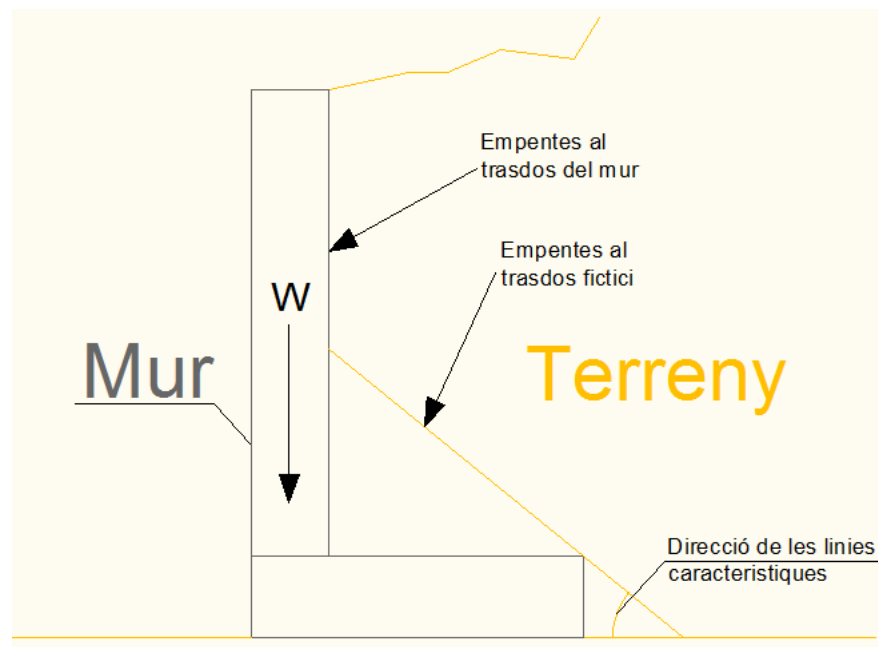


## PERFIL DE MUR EN “L” SISTEMA EUROPEU

Aquest perfil defineix una “L” generant un taló en direcció al interior del terreny, aconseguint que aquest ajudi al conjunt a la estabilitat del mur. Pel càlcul de les empentes i forces verticals del mur es suposa un trasdos fictici format, en part, pel mateix terreny, definit un pla des de l'extrem alt de la fonamentació amb la inclinació de les línies característiques que defineix l'estat plàstic de Rankine.

Aquesta tipologia afavoreix significativament al factor de seguretat al bolcament ja que aconsegueix que una part de les empentes del terreny facin girar el mur en sentit a favor de la estabilitat.

Exemple mur “L” sistema Europeu:

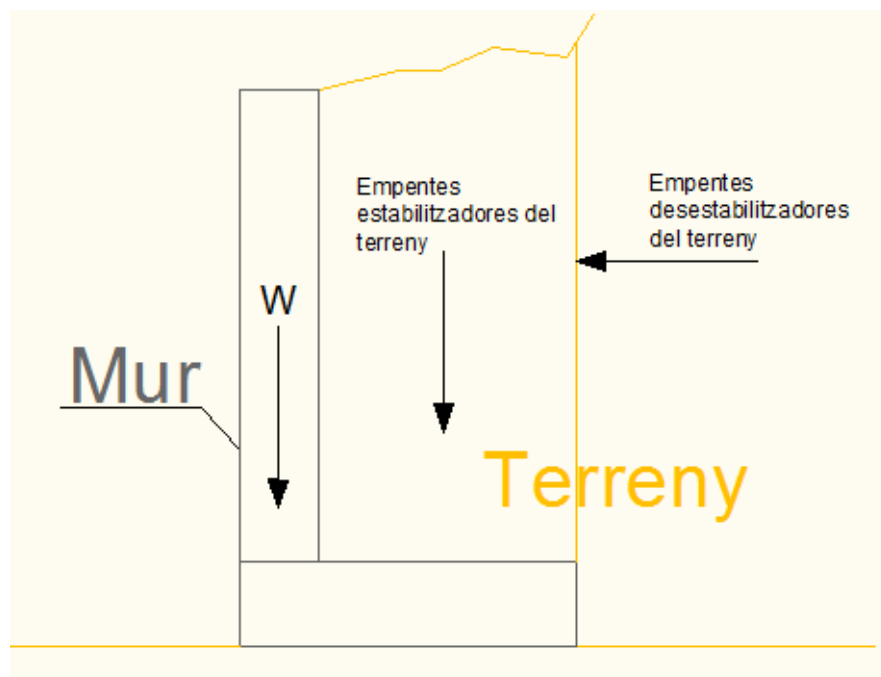


## PERFIL DE MUR EN “L” SISTEMA AMERICÀ

Aquest perfil defineix una “L” generant un taló en direcció al interior del terreny al igual que el sistema Europeu. Però pel càlcul de les empentes i forces verticals del mur es suposa un trasdos fictici format pel mateix terreny, definit un pla vertical perpendicular al terreny des de l'extrem del mur. Les forces aplicades obre aquest trasdos s'apliquen sense inclinació (horitzontals) i tot el terreny que queda sobre el taló es suposa part del mur de contenció.

Aquesta sistema es una aproximació al sistema europeu que simplifica el proses de càlcul, ja que no existeix inclinació de forces i això agilitza els càlculs a realitzar.

Exemple mur “L” sistema Americà:



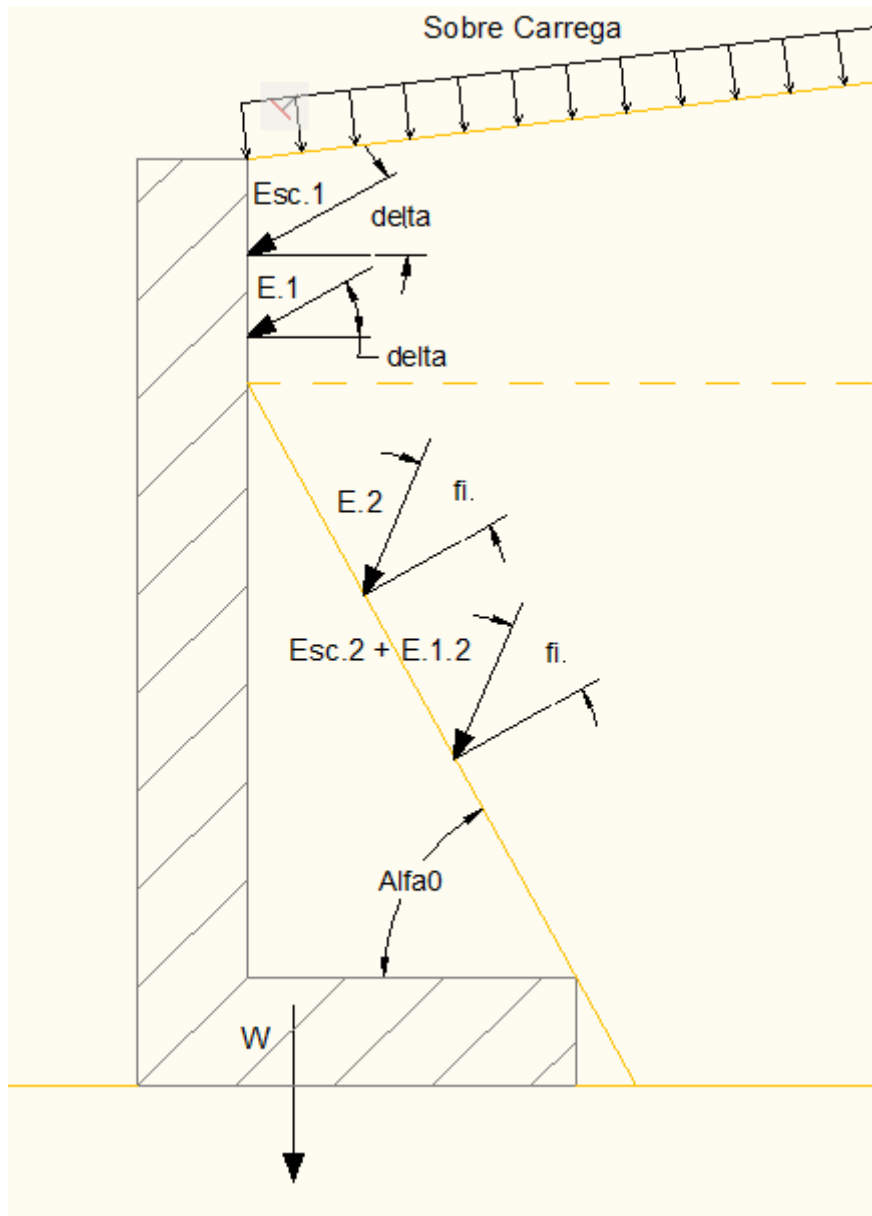
## DESENVOLUPAMENT DEL PROGRAMA

Dimur es un programa creat amb un “formulari mare” sobre el qual s’obren diferents “subformularis”, similar al sistema que usa MicrosoftWord o Excel, els formularis fill son sobre els quals es procedirà a realitzar els càlculs i estudis, com el de Mur Genèric o el de Mur Gravetat a més d’altres formularis complementaris que funcionen com a assistents per canviar característiques i dades per defecte del programa.

El càlcul dels factors de seguretat es basa en un sistema de vectors, amb els que s’expressen totes les forces que s’apliquen sobre el mur. Abans de programar-ho s’ha dissenyat el sistema amb totes les possibles situacions tant en les empentes del terreny com les forces del mur.

Seguidament es mostra una de les moltes situacions que s'han estudiat per poder unificar-les totes en un concepte general de vectors.

- Disseny del sistema vectorial estudiat per mur en "L" sistema Europeu:



On:

- Esc.1: Empenta de la sobrecàrrega sobre el trasdos recte
- E.1: Empenta del terreny estrat superior
- E.2: Empenta del terreny sobre l'estrat inferior
- Esc.2: Empenta de la sobrecàrrega sobre el trasdos fictici
- E1.2: Empenta del estrat superior sobre el trasdos fictici
- W: Força generada pel pes del mur
- Alfa0: Direcció de les línies característiques
- delta: Angle de fregament en el trasdos del mur
- fi: Angle de fregament intern

Mitjançant un subprocediment es calculen el valor dels vectors i la distancia on s'apliquen totes les forces del terreny, d'aquesta manera, en qualsevol moment se'l pot cridar des del programa origen per fer el càlcul sense necessitat d'escriure de nou el codi.

#### *Subprocediment càlcul forces terreny*

---

*Public Sub Et\_MurGeneric(H, b2, h2, q, DTrs, Base, Cor, NF, FIT, FIM, Alfa, Beta, Ka, Eh, E2h, ETh, ESCh, EWWh, DEh, DE2h, DETh, DESCh, DEWh, Ev, E2v, ETv, ESCv, EWv, DEv, DE2v, DETv, DESCv, DEWv)*

```

If NF = 0 Then
    FIW = 0
Else
    FIW = 9.8
End If
Fsum = FIT - FIW
NFO = H - NF
Sigma = (DTrs + (Pi / 2) - Alfa)
Coef_SC = (Sin(Alfa)) / (Sin(Alfa + Beta))

' _____condicions del coeficient de sobrecàrrega_____
If Alfa = Pi / 2 Then
    Coef_SC = 1
ElseIf Alfa = Pi Or Alfa = 0 Then
    Coef_SC = 0
End If
'

'Forces totals
E = 0.5 * FIT * NF ^ 2 * Ka
E2 = FIT * NF * NFO * Coef_SC * Ka
ET = 0.5 * Fsum * NFO ^ 2 * Ka
ESC = q * H * Coef_SC * Ka
EW = 0.5 * FIW * NFO ^ 2 * Ka
'Forces horitzontals
Eh = E * Cos(Sigma)
E2h = E2 * Cos(Sigma)
ETh = ET * Cos(Sigma)
ESCh = ESC * Cos(Sigma)
EWWh = EW * Cos((Pi / 2) - Alfa)
'Forces verticals
Ev = E * Sin(Sigma)
E2v = E2 * Sin(Sigma)
ETv = ET * Sin(Sigma)
ESCv = ESC * Sin(Sigma)
EWv = EW * Sin((Pi / 2) - Alfa)
es = (9.8 / 2) * ((h1 + h2) - NF) * b

'distancies de les horitzontals respecte "O"
DEh = NFO + (1 / 3) * NF
DE2h = (1 / 2) * NFO
DETh = (1 / 3) * NFO
DESCh = (1 / 2) * H
DEWh = (1 / 3) * NFO

'Distancies de les verticals respecte "O"
DEv = (Base + b2) - (1 / Tan(Alfa)) * ((NFO + (1 / 3) * NF) - h2)
DE2v = (Base + b2) - (1 / Tan(Alfa)) * ((NFO / 2) - h2)
DETv = (Base + b2) - (1 / Tan(Alfa)) * ((1 / 3) * NFO - h2)
DESCv = (Base + b2) - (1 / Tan(Alfa)) * ((H / 2) - h2)
DEWv = (Base + b2) - (1 / Tan(Alfa)) * ((1 / 3) * NFO - h2)

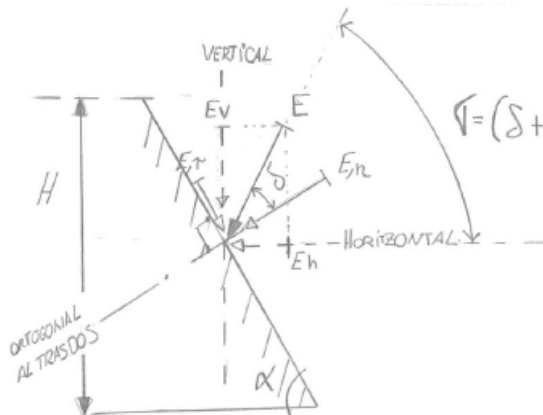
```

*End Sub*

---

Aquest subprocediment es pot usar tan pel càlcul segons Coulomb com per Rankine com pel sistema Americà. Ja que prèviament s'esbrina el coeficient d'empenta i l'angle de fregament en el trasdos que s'utilitza en cada un del tipus de càlcul. Per aconseguir aquest valors s'usa la equació que descriu el coeficient d'empenta que utilitza el sistema segons Rankine i així aplicar-la de igual manera que la de Coulomb:

COEF. EMPENTA DE TERRES SEGONS RANKINE



$$E_N = \int_0^Z H \cdot \chi_n \cdot \frac{1 + \sin \phi \cdot \cos 2\chi}{1 + \sin W} \cdot dz$$

$$E_r = \int_0^Z H \cdot dh \cdot \frac{\sin \phi \cdot \sin 2\chi}{1 + \sin W} \cdot dz$$

$$\text{Si} \rightarrow E = \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma_n \cdot K_a \text{ RANKINE}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2} H^2 \cdot J_n \cdot \frac{1 + \sin \phi \cdot \cos 2\chi}{(1 + \sin W) \cdot \cos \delta} \Rightarrow \boxed{K_{arm}}$$

$$\Rightarrow K_{\text{PARKINE}} = \frac{1 + \sin \phi \cdot \cos 2\chi}{(1 + \sin W) \cdot \cos \delta}$$

\* donde :

$$\bullet \chi = \alpha - 45^\circ - \frac{\phi}{2} - \alpha_0 \} \rightarrow S = \text{Atm} \left( \frac{\sin \phi \cdot \sin 2\chi}{1 + \sin \phi \cdot \cos 2\chi} \right)$$

$$\bullet \alpha_0 = \frac{\arccos\left(\frac{\sin \beta}{\sin \phi}\right) + \phi + \beta}{2} \quad \bullet W = \arccos\left(\frac{\cos \phi}{\cos \beta}\right)$$

D'aquesta manera es pot programar un altre subprocediment (Ka Rankine) que s'emmagatzema a la biblioteca del programa juntament amb el de Ka de Coulomb.

---

#### Subprocediment càlcul coeficient empena terreny segons Rankine

---

Public Sub KaRankine(Fi, Beta, Xi, D, Ka)

Dim Numerador As Double, Denominador As Double, W As Double

W = ACos((Cos(Fi)) / (Cos(Beta)))

Numerador = 1 + Sin(Fi) \* Cos(2 \* Xi)

Denominador = (1 + Sin(W)) \* Cos(D)

Ka = Numerador / Denominador

End Sub

---

Finalment, per calcular els factors de seguretat he programant un nou subprocediment en el qual s'introdueixen les forces del terreny, i a la vegada, es calculen les forces del mur.

---

#### Subprocediment càlcul dels factors de seguretat

---

Public Sub FSVol(NF, h1, h2, b, b2, b3, c, FIM, Eh, E2h, ETh, ESCh, EWh, Ev, E2v, ETv, ESCv, EWv, DEh, DE2h, DETh, DESCh, DEWh, DEv, DE2v, DETv, DESCv, DEWv, H, Alfa, FSV, MomEst, MomDest, W1, W2, W3, WAlfa, DW1, DW2, DW3, DWAlfa)

a = b - b2 - b3

'Forces gravitatories del MurGeneric

W1 = ((a - c - (1 / Tan(Alfa)) \* h1) \* (h1 / 2)) \* FIM

W2 = (c \* h1) \* FIM

WAlfa = ((h1 \* (1 / Tan(Alfa))) \* (h1 / 2)) \* FIM

W3 = (b \* h2) \* FIM

'Distancies de les forces respecte el punt "O"

DW1 = ((2 / 3) \* (a - c - (1 / Tan(Alfa)) \* h1)) + b3

DW2 = (a - (1 / Tan(Alfa)) \* h1 - (c / 2)) + b3

DWAlfa = (a - (2 / 3) \* (1 / Tan(Alfa)) \* h1) + b3

DW3 = b / 2

'Sumatori moments estabilitzadors

MomEst = W1 \* DW1 + W2 \* DW2 + WAlfa \* DWAlfa + W3 \* DW3

'Sumatori moments desestabilitzadors

MomDest = Eh \* DEh + E2h \* DE2h + ETh \* DETh + ESCh \* DESCh + EWh \* DEWh - (Ev \* DEv + E2v \* DE2v + ETv \* DETv + ESCv \* DESCv + EWv \* DEWv) + es \* (2 / 3) \* b

'Factor de Seguretat

FSV = MomEst / MomDest

End Sub

Public Sub FSDes(NF, h1, h2, b, b2, b3, c, FIM, H, DBase, Eh, E2h, ETh, ESCh, EWh, Ev, E2v, ETv, ESCv, EWv, Alfa, FSD, ForEst, ForDest)

a = b - b2 - b3

'Forces gravitatories del MurGeneric

W1 = ((a - c - (1 / Tan(Alfa)) \* h1) \* (h1 / 2)) \* FIM

W2 = (c \* h1) \* FIM

WAlfa = ((h1 \* (1 / Tan(Alfa))) \* (h1 / 2)) \* FIM

W3 = (b \* h2) \* FIM

'Sumatori forces estabilitzadores

ForEst = (W1 + W2 + WAlfa + W3 + Ev + E2v + ETv + ESCv + EWv - es) \* Tan(DBase)

'Sumatori forces desestabilitzadores

ForDest = Eh + E2h + ETh + ESCh + EWh

'Factor de Seguretat

FSD = ForEst / ForDest

End Sub

---

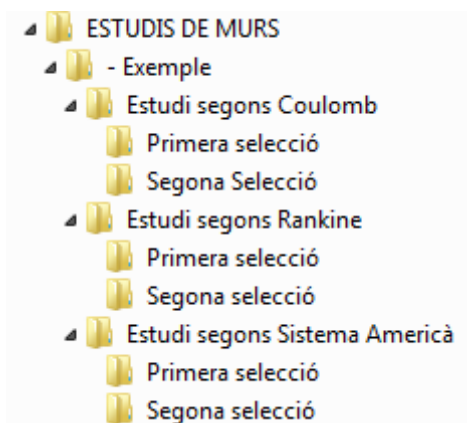
### 1- PREPARACIÓ

#### 1.1- Crear les carpetes per arxivar els resultats

Creem una cadena de carpetes i subcarpetes amb el següent ordre:

- Carpeta mare “*Estudi de murs*”
  - Sub1 carpeta “*Nom\**” (descripció del terreny a estudiar)
    - Sub2 carpeta “*Estudi segons Coulomb*”
      - Sub3 carpeta “*Primera selecció*”
      - Sub3 carpeta “*Segona selecció*”
    - Sub2 carpeta “*Estudi segons Rankine*”
      - Sub3 carpeta “*Primera selecció*”
      - Sub3 carpeta “*Segona selecció*”
    - Sub2 carpeta “*Estudi segons Sistema Americà*”
      - Sub3 carpeta “*Primera selecció*”
      - Sub3 carpeta “*Segona selecció*”

Ens quedarà una organització d'aquest estil:



#### 1.2- Dades del terreny i materials

Executem el programa Dimur; introduïm, en CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS, a l'apartat DESCRIPCIÓ el títol del nostre estudi o terreny a estudiar (en el punt 1.1. el descrivim com a “Nom”)\*, definim el terreny i materials segons les caselles indicades (basat en un estudi geotècnic).

\*En el nostre cas seria: Exemple



Aquest formulari conté la taula de Potyondy com ajuda per decidir els angles de fregament del trasdos i la base del mur amb el terreny, només s'ha de prémer el comandament "Delta segons Potyony" escullir el tipus de terreny i d'encofrat, introduïm el resultat a les caselles corresponents i tanquem l'assistent de càlcul dels angles de fregament.

Un cop omplertes totes les caselles, dessem les dades en un arxiu de text dins de la subcarpeta "Nom", el nom d'aquest arxiu ha de ser suficientment identificatiu\*:

*Terreny + "Nom". txt*

### 1.3- Tria dels valors dels Factor de Seguretat mínims

Per iniciar l'estudi de mur s'ha de indicar els valors de factors de seguretat amb els que es vol treballar. Mitjançant el menú "Eines" al apartat "FS mínims" podrem introduir les dades que desitgem.

Factors de seguretat mínims

FS al Bolcament =  $\frac{\text{Sumatori de Moments Estabilitzadors}}{\text{Sumatori de Moments Desestabilitzadors}}$  = > 2

FS al Lliscament =  $\frac{\text{Sumatori de Forces Estabilitzadores}}{\text{Sumatori de Forces Desestabilitzadores}}$  = > 1,5

ACCEPTAR

RESTAURAR

Per defecte el programa assimila el FS al bolcament mínim de "2" i el FS al Lliscament mínim de "1,5".

Una vegada realitzat aquest punt premem acceptar.

### 1.4- Inici de l'estudi

Mitjançant el menú "Estudi" obrim el formulari descrit com a Mur Genèric, en l'apartat DESCRIPCIÓ ens apareix el nom del terreny, ampliem aquest títol seguint el següent patró\*\*:

DESCRIPCIÓ: "Nom" + Coulomb 1

\*En el cas d'exemple: TerrenyExemple.txt

\*\*En el cas d'exemple: Exemple Coulomb 1

Si l'estudi el volem realitzar segons Rankine o Sistema americà, el títol serà d'aquesta forma\*:

*"Nom" + Rankine 1 ; "Nom" + Sistema Americà 1*

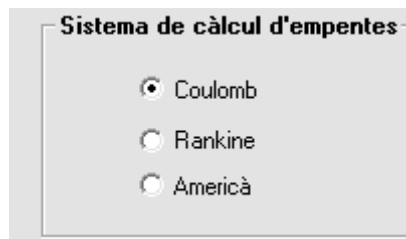
NOTA: D'es d'aquest punt , seguiré definint els passos de dimensionament descrivint els títols i noms d'arxiu com si es fes l'estudi segons Coulomb, queda entès que son aplicables a Rankine i Sistema Americà segons he descrit en el paràgraf superior.


## **2- ESTABILITAT AL BOLCAMENT**

### **2.1- PRIMERA SELECCIÓ**


#### **2.1.1- Predimensionament**

Escollim el sistema de càlcul en l'apartat GRÀFICA en l'inferior del formulari Mur genèric:



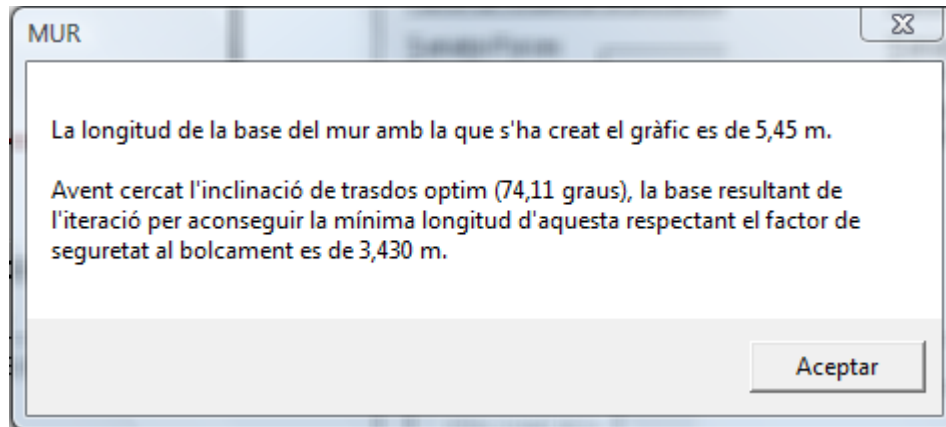
Per iniciar el predimentsionament, es necessari desbloquejar  el comandament PREDIMENSIONAMENT ubicat en el centre inferior del formulari Mur Genèric. Seguidament podrem preme'l, s'inicia una iteració amb una geometria de mur rectangular i tosca, condicionat a que els factors de seguretat al bolcament i al lliscament estiguin per sobre dels valors que em predeterminat.

#### **2.1.2- Inclinació de trasdos òptima**

Dins del mateix apartat GRÀFICA del formulari, en la secció "Variable de la funció del gràfic" premem el comandament , s'executa un full de càlcul d'excel on es comença a creà una gràfica que descriu els valors dels factors de seguretat al bolcament i al lliscament segons diferents inclinacions del trasdos del mur, (sota d'aquesta gràfica s'especifica el terreny i les dimensions del mur amb las que s'ha creat el gràfic).

\*En el cas d'exemple: Exemple Rankine 1 "o" Exemple Sistema Americà 1

Durant aquest procés, automàticament, es tria l'angle que dona el millor factor de seguretat al bolcament. Esperem a que el gràfic es generi completament, el programa itera la base mínima necessària per complir el FSB amb la inclinació de trasdos òptima segons la gràfica i ens apareix un missatge informatiu.



Premem "Acceptar" i es dibuixa la secció de mur que s'ha iterat en aquest procés, Abans de continuar es necessari desar el full de càlcul dins de la Sub1 carpeta "Nom" → Sub2 carpeta "Estudi segons Coulomb" → Sub3 carpeta "Primera selecció", amb el nom\*:

*GrafAlfa\_"Nom" + Coulomb 1.xls*

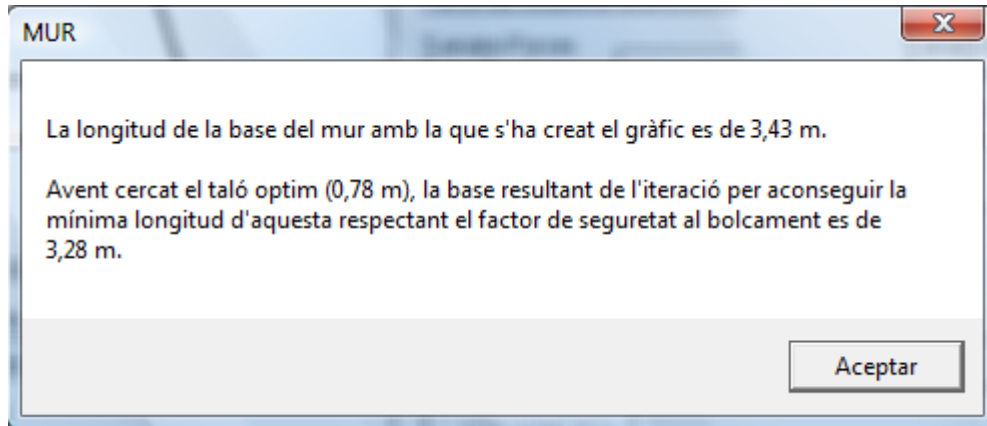
### 2.1.3- Longitud de taló òptim

Dins de l'apartat GRÀFICA del formulari, en la secció "Variable de la funció del gràfic" premem el comandament **Longitud del Taló**, ens apareix un missatge on ens demana la inclinació del trasdos de mur amb el que seguir l'estudi, introduïm l'angle òptim que donava com a resultat de la primera gràfica (Està descrit just a sota del missatge en el formulari de Mur genèric en l'apartat DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR),

premem "Acceptar" i s'executa un altre full de càlcul d'excel on es comença a creà una gràfica que descriu els valors dels factors de seguretat al bolcament i al lliscament segons diferents dimensions del taló del mur, (sota d'aquesta gràfica s'especifica el terreny i les dimensions del mur amb las que s'ha creat el gràfic).

\*En els cas d'exemple: GrafAlfa\_Exemple Coulomb 1.xls

Durant aquest procés, automàticament, es tria el taló que dona el millor factor de seguretat al bolcament. Esperem a que el gràfic es generi completament, el programa itera la base mínima necessària per complir el FSB amb el taló òptim segons la gràfica i ens apareix un missatge informatiu:



Premem “Acceptar” i es dibuixa la secció de mur que s’ha iterat en aquest procés.

Abans de continuar es necessari desar el full de càlcul dins de la Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb” → Sub3 carpeta “Primera selecció”, amb el nom\*:

*GrafTaló\_”Nom” + Coulomb 1.xls*

#### 2.1.4- Selecció

Primera opció:

Es possible que en la segona iteració (Taló òptim) ens presenti com a resultat, una base mínima superior a la primera iteració (Inclinació de trasdos), en el últim missatge que mostra el programa es veu la comparació de les dues bases; per exemple, si fos superior a 3,43m.

La primera selecció de l’estudi ens aconsella una secció de mur tipus gravetat, a les hores tenim que realitzar el procediment del punt 2.1.1. i el 2.1.2., aquest el seguim fins que ens demana de desar la gràfica (No fa falta, ja la tenim arxivada).

Un cop arribat aquest punt tenim com a resultat el mur de la primera iteració, l’hem de desar dins la Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb” → Sub3 carpeta “Primera selecció”, amb el nom\*\*:

*MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 1.txt*

Segona opció:

En cas contrari, si la segona iteració ens dona una base inferior (tal com mostra el missatge d’exemple), desem les dades d’aquest mur; Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb” → Sub3 carpeta “Primera selecció”, amb el nom\*\*:

*MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 1.txt*

\*En els cas d’exemple: GrafTaló\_Exemple Coulomb 1.xls


\*\*En els cas d’exemple: MurGeneric\_Exemple Coulomb 1.txt

## 2.2- SEGONA SELECCIÓ

### 2.2.1- Longitud de taló òptim per trasdos recte

Per seguir l'estudi s'ha de modificar el títol del formulari del Mur genèric\*:

DESCRIPCIÓ: “Nom” + Coulomb 2

Dins de l'apartat GRÀFICA premem , ens apareix el missatge demanat la inclinació de trasdos, aquesta vegada volem un mur recte, es a dir, introduïm 90 i premem “Acceptar”.

Es crea de nou una gràfica que permet visualitzar la longitud de taló òptima que tria el programa, procedim a desar el full d'excel a Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb” → Sub3 carpeta “Segona selecció”, amb el nom\*\*:


GrafTaló\_”Nom” + Coulomb 2.xls

### 2.2.2- Inclinació del trasdos

Abans de continuar es imprescindible activar la casella “Respectem les dades gràfiques del mur” dins de l'apartat GRÀFICA.



d'aquesta manera ens assegurem que la gràfica que executarem a continuació es basi amb la secció de mur resultant del punt 2.2.1.

Seguidament premem el comandament , es crea una gràfica en la qual s'inclina el trasdos del mur respectant la longitud de taló resultant de l'apartat 2.2.1, ens permet visualitzar la tria que el programa realitza automàticament, un cop finalitzada la gràfica la dessem a Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb” → Sub3 carpeta “Segona selecció”, amb el nom\*\*:

GrafAlfa\_”Nom” + Coulomb 2.xls

### 2.2.3- Desem el resultat

En aquest cas no es necessari triar la opció que tingui la base més petita, el programa genera la iteració incloent el perfil de la primera opció (90°), per tant, si aquest fos l'òptim, seria el resultat final d'aquest apartat.

De manera que directament podem desar les dades de mur resultat de la segona selecció; Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb” → Sub3 carpeta “Primera selecció”, amb el nom\*\*\*:

MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 2.txt

\*En els cas d'exemple:

Exemple Coulomb 2.txt

\*\*En els cas d'exemple:

GrafTaló\_Exemple Coulomb 2.xls ; GrafAlfa\_Exemple Coulomb 2.xls

\*\*\*En els cas d'exemple:

MurGeneric\_Exemple Coulomb 2.txt

### **3- ESTABILITAT AL LLISCAMENT**

Una vegada arribat a aquest punt, tenim 2 possibles perfils de mur per triar, els quals compleixen el factor de seguretat al bolcament exigít. Però no, necessàriament, compleix el factor de seguretat al lliscament, si fos així seguiríem l'estudi a partir del següent punt (3.1).

En el cas contrari (el mur compleix els dos factors de seguretat) ja hauríem acabat l'estudi, escollim entre les dues seleccions el mur que compleixi el F.S.LI. i que tingui la base més petita i el desem a la Sub1 carpeta "Nom" → Sub2 carpeta "Estudi segons Coulomb", junt amb l'arxiu del terreny, amb el nom que correspongui al mur escollit:

*MurGeneric\_"Nom" + Coulomb 1.txt*

o

*MurGeneric\_"Nom" + Coulomb 2.txt*

#### **3.1- Rasclet**

Carreguem les dades del Mur desades al arxiu:

*MurGeneric\_"Nom" + Coulomb 1.txt*

a les hores executem de nou el programa des de "dimur.exe" i carreguem, en la nova pantalla l'arxiu

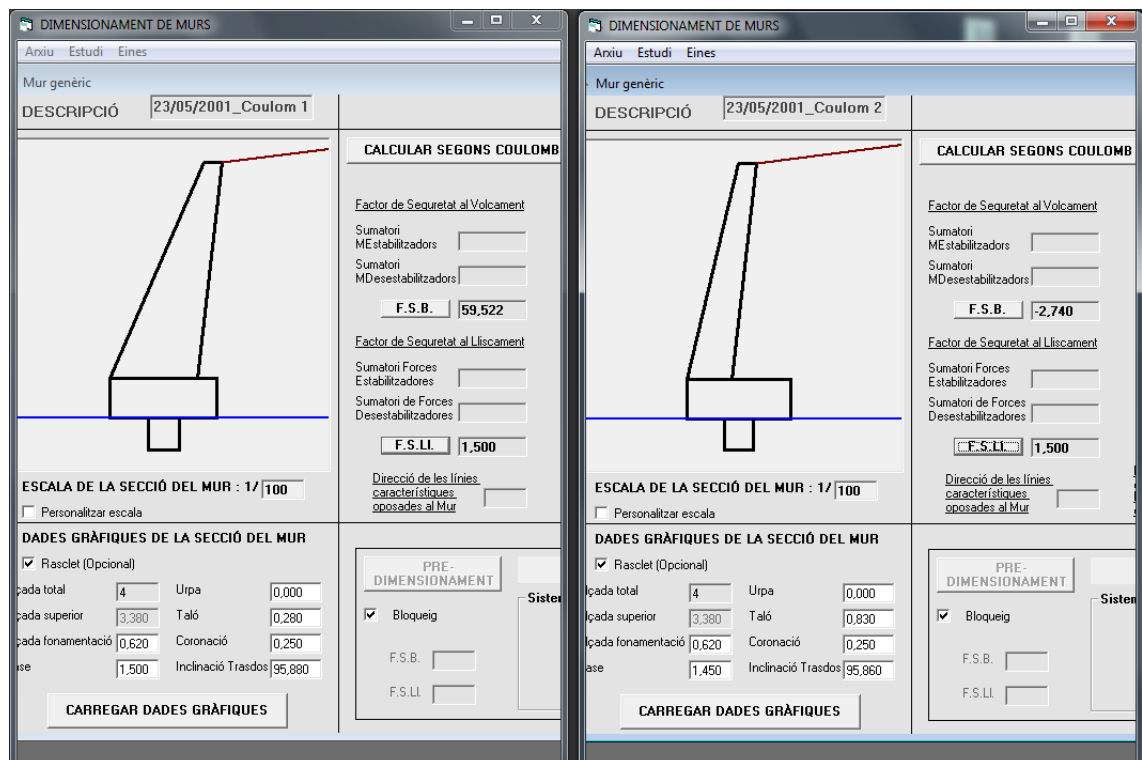
*MurGenric\_"Nom" + Coulomb 2.txt.*

Per ajudar a l'estabilitat al lliscament, el programa te l'opció de afegir al perfil, un rasclet, marcant la casella ☒ Rasclet (Opcional) en l'apartat DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR. Una vegada activada aquesta casella, premem el comandament que correspon al tipus de càlcul amb el que estem dimensionant el mur:

**CALCULAR SEGONS COULOMB**

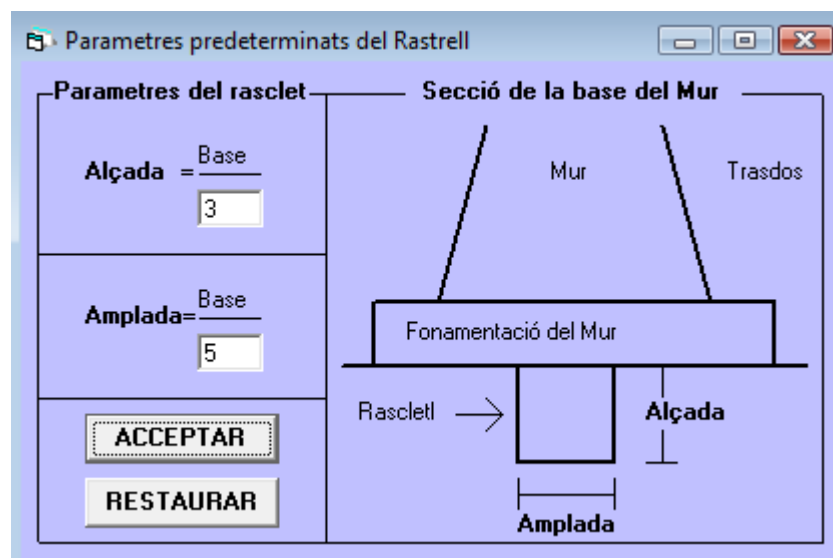
el valor del F.S.LI veurem que ha millorat.

Repetim aquesta acció per el nou programa Dimur que em obert amb el segon tipus de mur. D'aquesta manera podem comparar i optimitzar la millor solució.



Es poden regular les dimensions del rasclat variant també el factor de de seguretat al lliscament.

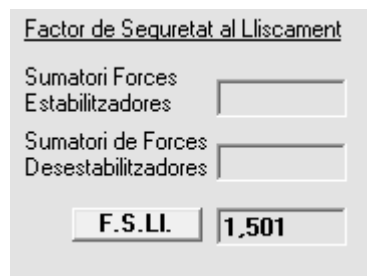
Aquestes dimensions es modifiquen mitjançant el menú “Eines” al apartat “Rasclat”.



Quant més alt sigui més ajudarà a l'estabilitat del mur, s'ha de tenir en compte, però, que el programa te predefinit un càlcul de rasclat que no

funciona com a pantalla, a més, s'ha de ser conscient de la dificultat constructiva que suposa un rasclat amb dimensions exagerades.  
S'aconsella que la màxima alçada del rasclat no superi el terç de la longitud la base del mur.

Una vegada em decidit el perfil del rasclat, si el factor de seguretat al lliscament segueix per sota del desitjat, premem el comandament F.S.LI.,corresponent al sistema de càlcul escollit:



El programa iterarà la base, i proporcionalment, el rasclat i l'alçada de fonamentació (amb un màxim predefinit), fins aconseguir el factor de seguretat al lliscament mínim desitjat.

Una vegada trobat aquest nou perfil de mur ja haurem acabat el dimensionament, el dessem a la Sub1 carpeta "Nom" → Sub2 carpeta "Estudi segons Coulomb", junt amb l'arxiu del terreny, amb el nom que correspongui al mur escollit afegint una "R" al final:

*MurGeneric\_"Nom" + Coulomb 1 R.txt*

o

*MurGeneric\_"Nom" + Coulomb 2 R.txt*

#### **4- TRADOS QUEBRAT**

En el cas de que la solució final dimensionada fos un mur en gravetat, el programa ens permet reduir, encara més, la base. Usant l'opció de trasdos quebrat que trobem en el formulari Mur Gravetat.

Per començar aquest nou procés, tenim que transferir les dades del formulari Mur Genèric al del Mur Gravetat, mitjançant el menú "Eines" al apartat "Transferir MurGenèric-Murgravetat".  
Sobre aquest formulari nou podrem triar la opció "Trasdos quebrat"





Amb aquesta activitat podem variar la inclinació de la part superior del quebrat i iterem la base tant pel factor de seguretat al bolcament premen el comandament en qüestió:

Factor de Seguretat al Bolcament	
Sumatori MEstabilitzadors	1.045,491
Sumatori MDesestabilitzadors	232,698
<b>F.S.B.</b>	<b>4,493</b>

o al factor al lliscament premem el comandament per iterar-lo:

Factor de Seguretat al Lliscament	
Sumatori Forces Estabilitzadores	375,953
Sumatori de Forces Destabilitzadores	326,978
<b>F.S.LI.</b>	<b>1,150</b>

Una vegada trobat aquest nou perfil de mur, el desem a la Sub1 carpeta “Nom” → Sub2 carpeta “Estudi segons Coulomb”, junt amb l'arxiu del terreny, amb el nom que correspongui al mur escollit afegint una “Q” al final:

*MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 1 Q.txt*

o

*MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 2 Q.txt*

o

*MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 1 RQ.txt*

o

*MurGeneric\_”Nom” + Coulomb 2 RQ.txt*

**NOTA:** Les característiques del trasdos quebrat i la possibilitat de modificar-les es descriu en manual d'ús.

## CONCLUSIONS

---

- ESTUDI DELS RESULTATS AMB ELS CÀLCULS DELS FACTORS DE SEGURETAT AMB EL SISTEMA EUROPEU I LES EMPENTES DEL TERRENY SEGONS COULOMB.
- ESTUDI COMPARATIU DE RANKINE AMB COULOMB AMB ELS CÀLCULS DELS FACTORS DE SEGURETAT AMB EL SISTEMA EUROPEU.
- ESTUDI COMPARATIU DEL SISTEMA AMERICÀ AMB EL SISTEMA EUROPEU I LES EMPENTES DEL TERRENY SEGONS COULOMB.

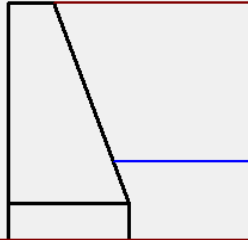
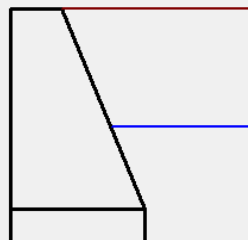
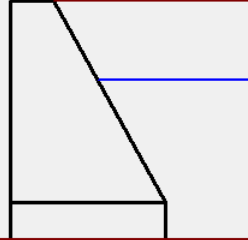
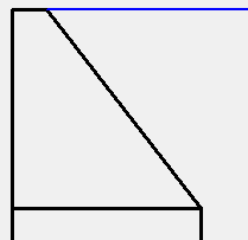
**ESTUDI DELS RESULTATS AMB ELS CÀLCULS DELS  
FACTORS DE SEGURETAT AMB EL SISTEMA EUROPEU I LES  
EMPENTES DEL TERRENY SEGONS COULOMB.**

**ESTUDI AMB TERRENY DE REBLERT EN FRONT DE DIFERENTS CANVIS DEL CONTORN (INCLINACIÓ SUPERIOR, CARREGA REPARTIDA I NIVELL FREÀTIC).**

**TAULA 1\_Comparatiu amb Reblert segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB TERRENY SEC, INCLINACIÓ SUPERIOR DEL TERRENY I AMB SOBRECÀRREGA**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	TERRENY SEC	CARREGA SUPERIOR 15KN/m	INCLINACIÓ SUPERIOR 10º	CARREGA SUPERIOR 15KN i INCLINACIÓ 10º
<div>DESCRIPCIÓ<div>Reblert</div></div> <div><div>Alçada</div><div>5</div><div>m</div></div> <div><div>Angle de fregament intern</div><div>28</div><div>º</div></div> <div><div>Inclinació del Terreny</div><div>...</div><div>º</div></div> <div><div>Càrrega superior</div><div>...</div><div>KN/m</div></div> <div><div>Nivell freàtic des de coronació</div><div>5</div><div>m</div></div> <div><div>Densitat natural del Terreny</div><div>20</div><div>KN/m3</div></div> <div><div>Densitat del Mur</div><div>24</div><div>KN/m3</div></div> <div><div>Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur</div><div>24,6</div><div>º</div></div> <div><div>Delta de Terres-Formigó a la base del mur</div><div>27,4</div><div>º</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,23</div><div>Taló</div><div>0,26</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,77</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div><div><div>Base</div><div>1,8</div><div>Inclinació Trasdós</div><div>93</div></div></div></div> <div><div>FSB= -4,25 / FSLI= 1,51</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,230</div><div>Taló</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,770</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div><div><div>Base</div><div>2,490</div><div>Inclinació Trasdós</div><div>69,550</div></div></div></div> <div><div>FSB= -4,43 / FSLI= 1,50</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,230</div><div>Taló</div><div>0,350</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,770</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div><div><div>Base</div><div>2,190</div><div>Inclinació Trasdós</div><div>93,440</div></div></div></div> <div><div>FSB= -4,5/FSLI= 1,5</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,23</div><div>Taló</div><div>0,27</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,77</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div><div><div>Base</div><div>2,65</div><div>Inclinació Trasdós</div><div>72,72</div></div></div></div> <div><div>FSB= -1,92 / FSLI= 1,5</div></div>
OBSERVACIONS	Aquest terreny exigeix un perfil en “L” quan no s’aplica cap càrrega superior repartida per garantir el factor del bolcament, S’observa que la càrrega repartida afecta mes que la inclinació del terreny superior, que implica un mur en gravetat amb l’angle obtús perquè la càrrega afecta mes al moment estabilitzador. Aquestes tipologies de mur, en tots els casos, exigeixen la necessitat d’usar el rasclat per garantir el factor al lliscament, que en cada un d’ells es el condicionant últim de la dimensió de la base.			

**TAULA 2 Comparatiu amb Reblert segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB DIFERENTS ALÇADES DEL NIVELL FREÀTIC**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	NIVELL FREÀTIC A UN TERÇ DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A MITJA ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A DOS TERÇOS DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC EN TOTA L'ALÇADA
<b>CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS</b> <hr/> DESCRIPCIÓ <input type="text" value="Reblert"/> <hr/> Alçada <input type="text" value="5"/> m Angle de fregament intern <input type="text" value="28"/> ° Inclinació del Terreny <input type="text" value="0"/> ° Càrrega superior <input type="text" value="0"/> KN/m Nivell freàtic des de coronació <input type="text" value="..."/> m Densitat natural del Terreny <input type="text" value="20"/> KN/m3 <hr/> Densitat del Mur <input type="text" value="24"/> KN/m3 Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur <input type="text" value="24.6"/> ° Delta de Terres-Formigó a la base del mur <input type="text" value="27.4"/> °	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0"/> Alçada superior <input type="text" value="4.22"/> Taló <input type="text" value="0"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0.78"/> Coronació <input type="text" value="0.85"/> Base <input type="text" value="2.27"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="71.43"/>	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4.225"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0.775"/> Coronació <input type="text" value="0.960"/> Base <input type="text" value="2.540"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="69.550"/>	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4.225"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0.775"/> Coronació <input type="text" value="0.800"/> Base <input type="text" value="2.90"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="63.590"/>	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4.225"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0.775"/> Coronació <input type="text" value="0.650"/> Base <input type="text" value="3.590"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="55.240"/>
	FSB= 10 / FSLI= 1,51	FSB= 12 / FSLI= 1,50	FSB= -76 / FSLI= 1,51	FSB= 62 / FSLI= 1,5
<b>OBSERVACIONS</b>	Al existir nivell freàtic resulta un mur en gravetat amb el trasdós agut, en aquest trasdós la força normal de la pressió hidrostàtica s'aplica a una distancia inferior respecte el punt de gir, de manera que redueix el sumatori de moments desestabilitzadors, i sobretot, un perfil en "L" es massa lleuger per superar el mínim factor de seguretat al lliscament. Quant mes alt es el nivell freàtic exigeix un perfil mes pesat de mur, per tant mes base d'aquest, sobretot pel F.S.LI. En aquest casos el rasclat mínim per millorar el factor al lliscament es extremadament llarg, seria mes convenient solucionar-ho amb tensors i re-calcular la estabilitat.			

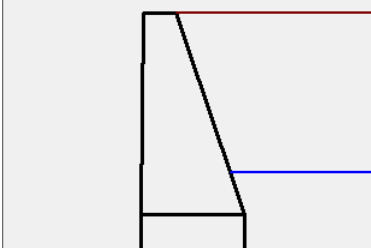
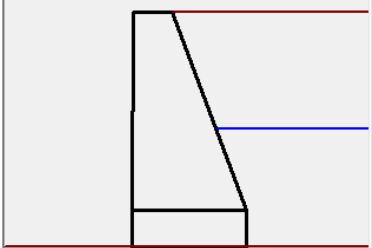
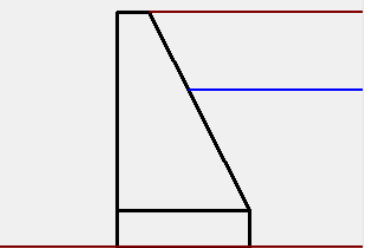
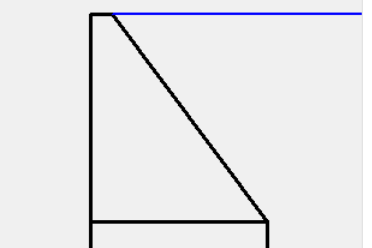
**ESTUDI AMB ARGILES LLIMOSESES EN FRONT DE DIFERENTS CANVIS DEL CONTORN (INCLINACIÓ SUPERIOR, CARREGA REPARTIDA I NIVELL FREÀTIC).**

**TAULA 1\_Comparatiu amb Argila llimosa segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB TERRENY SEC, INCLINACIÓ SUPERIOR DEL TERRENY I AMB SOBRECÀRREGA**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	TERRENY SEC	CARREGA SUPERIOR 15KN/m	INCLINACIÓ SUPERIOR 10º	CARREGA SUPERIOR 15KN i INCLINACIÓ 10º
<div>CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS</div> <div><div>DESCRIPCIÓ</div><div>Argiles Llimoses</div></div> <div><div>Alçada</div><div>5</div><div>m</div></div> <div><div>Angle de fregament intern</div><div>29</div><div>º</div></div> <div><div>Inclinació del Terreny</div><div>...</div><div>º</div></div> <div><div>Càrrega superior</div><div>...</div><div>KN/m</div></div> <div><div>Nivell freàtic des de coronació</div><div>5</div><div>m</div></div> <div><div>Densitat natural del Terreny</div><div>20</div><div>KN/m3</div></div> <div><div>Densitat del Mur</div><div>24</div><div>KN/m3</div></div> <div><div>Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur</div><div>28,42</div><div>º</div></div> <div><div>Delta de Terres-Formigó a la base del mur</div><div>29</div><div>º</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/</div><div>150</div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div></div> <div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasplet (Opcional)</div></div> <div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div> <div><div>Alçada superior</div><div>4,285</div><div>Taló</div><div>0,32</div></div> <div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,715</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div> <div><div>Base</div><div>1,530</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>92,960</div></div> <div><div>FSB= -4,25 / FSLI= 1,51</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/</div><div>150</div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div></div> <div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasplet (Opcional)</div></div> <div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div> <div><div>Alçada superior</div><div>4,245</div><div>Taló</div><div>0,380</div></div> <div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,755</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div> <div><div>Base</div><div>1,960</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>92,960</div></div> <div><div>FSB= -3,8 / FSLI= 1,50</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/</div><div>150</div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div></div> <div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasplet (Opcional)</div></div> <div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0</div></div> <div><div>Alçada superior</div><div>4,23</div><div>Taló</div><div>1,23</div></div> <div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,77</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div> <div><div>Base</div><div>1,95</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>93</div></div> <div><div>FSB= -1,8/FSLI= 1,5</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/</div><div>150</div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div></div> <div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasplet (Opcional)</div></div> <div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div> <div><div>Alçada superior</div><div>4,220</div><div>Taló</div><div>0,000</div></div> <div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,780</div><div>Coronació</div><div>0,720</div></div> <div><div>Base</div><div>2,140</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>71,430</div></div> <div><div>FSB= -22 / FSLI= 1,5</div></div>
OBSERVACIONS	Aquest terreny exigeix un perfil en "L" excepte quan s'aplica carrega repartida sobre un terreny amb inclinació. En el cas de inclinació del terreny dona com a resultat un taló mes gran que en els altres casos degut a que la inclinació de la força afavoreix els factors de seguretat provocant sumatori de moments estabilitzadors mes alts al igual que el sumatori de forces. En el últim cas es favorable un mur en gravetat amb l'angle obtús perquè la càrrega afecta mes al moment estabilitzador. Aquestes tipologies de mur, en tots els casos, exigeixen la necessitat d'usar el rasplet per garantir el factor al lliscament, que en cada un d'ells es el condicionant últim de la dimensió de la base.			

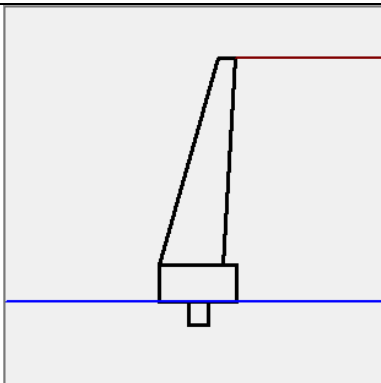
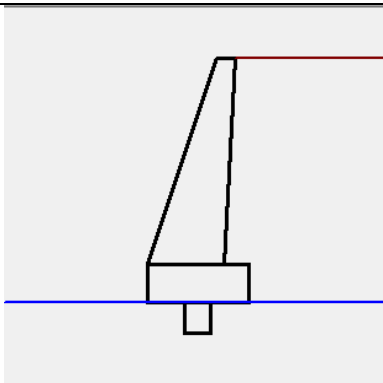
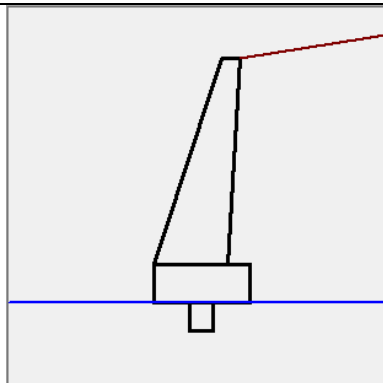
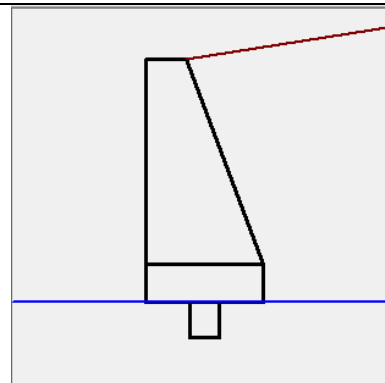


**TAULA 2\_Comparatiu amb Argila llimosa Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB DIFERENTS ALÇADES DEL NIVELL FREÀTIC**

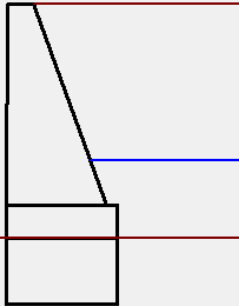
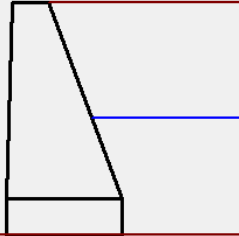
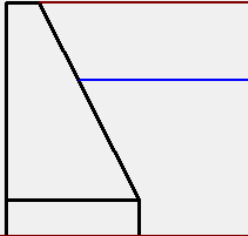
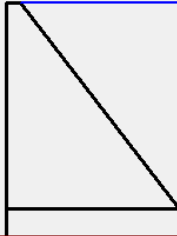
DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	NIVELL FREÀTIC A UN TERÇ DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A MITJA ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A DOS TERÇOS DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC EN TOTA L'ALÇADA
<b>CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS</b> <hr/> DESCRIPCIÓ <input type="text" value="Argiles Llimoses"/> <hr/> Alçada <input type="text" value="5"/> m Angle de fregament intern <input type="text" value="29"/> ° Inclinació del Terreny <input type="text" value="0"/> ° Càrrega superior <input type="text" value="0"/> KN/m Nivell freàtic des de coronació <input type="text" value="..."/> m Densitat natural del Terreny <input type="text" value="20"/> KN/m3 <hr/> Densitat del Mur <input type="text" value="24"/> KN/m3 Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur <input type="text" value="28.42"/> ° Delta de Terres-Formigó a la base del mur <input type="text" value="29"/> °	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,225"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,775"/> Coronació <input type="text" value="0,600"/> Base <input type="text" value="1,930"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="73,230"/> <b>FSB= 4,9 / FSLI= 1,5</b>	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,225"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,775"/> Coronació <input type="text" value="0,740"/> Base <input type="text" value="2,180"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="71,430"/> <b>FSB= 5,8 / FSLI= 1,50</b>	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,220"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,780"/> Coronació <input type="text" value="0,600"/> Base <input type="text" value="2,520"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="65,620"/> <b>FSB= 17 / FSLI= 1,5</b>	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,34"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,660"/> Coronació <input type="text" value="0,410"/> Base <input type="text" value="3,310"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="56,260"/> <b>FSB= 14 / FSLI= 1,51</b>
<b>OBSERVACIONS</b>	Al existir nivell freàtic resulta un mur en gravetat amb el trasdós agut, en aquest trasdós la força normal de la pressió hidrostàtica s'aplica a una distancia inferior respecte el punt de gir, de manera que redueix el sumatori de moments desestabilitzadors, i sobretot aquest tipus de perfil tan pesat afavoreix, significativament en front del perfil en "L", el factor de seguretat al lliscament. Quant mes alt es el nivell freàtic exigeix un perfil mes pesat de mur, per tant mes base d'aquest, sobretot pel F.S.LI. En aquest casos el rasclat mínim per millorar el factor al lliscament es extremadament llarg, seria mes convenient solucionar-ho amb tensors i re-calcular la estabilitat.			

**ESTUDI AMB SORRA MITJA EN FRONT DE DIFERENTS CANVIS DEL  
CONTORN (INCLINACIÓ SUPERIOR, CARREGA REPARTIDA I NIVELL  
FREÀTIC).**

**TAULA 1\_Comparatiu amb Sorra mitja segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB TERRENY SEC, INCLINACIÓ SUPERIOR DEL TERRENY I AMB SOBRECÀRREGA**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	TERRENY SEC	CARREGA SUPERIOR 15KN/m	INCLINACIÓ SUPERIOR 10º	CARREGA SUPERIOR 15KN i INCLINACIÓ 10º
<div>CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS</div> <div><div>DESCRIPCIÓ</div><div>Sorra mitja fi30</div></div> <div><div>Alçada</div><div>5</div><div>m</div></div> <div><div>Angle de fregament intern</div><div>30</div><div>º</div></div> <div><div>Inclinació del Terreny</div><div>...</div><div>º</div></div> <div><div>Càrrega superior</div><div>...</div><div>KN/m</div></div> <div><div>Nivell freàtic des de coronació</div><div>5</div><div>m</div></div> <div><div>Densitat natural del Terreny</div><div>20</div><div>KN/m3</div></div> <div><div>Densitat del Mur</div><div>24</div><div>KN/m3</div></div> <div><div>Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur</div><div>26,4</div><div>º</div></div> <div><div>Delta de Terres-Formigó a la base del mur</div><div>29,4</div><div>º</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,235</div><div>Taló</div><div>0,250</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,765</div><div>Coronació</div><div>0,313</div></div><div><div>Base</div><div>1,430</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>92,850</div></div></div></div> <div><div>FSB= -31 / FSLI= 1,51</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,23</div><div>Taló</div><div>0,450</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,770</div><div>Coronació</div><div>0,33</div></div><div><div>Base</div><div>1,850</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>92,790</div></div></div></div> <div><div>FSB= -4 / FSLI= 1,50</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,230</div><div>Taló</div><div>0,400</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,770</div><div>Coronació</div><div>0,330</div></div><div><div>Base</div><div>1,750</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>93,000</div></div></div></div> <div><div>FSB= -6/FSLI= 1,5</div></div>	<div></div> <div><div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div><div><div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div><div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div><div><div>Alçada total</div><div>5</div><div>Urpa</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada superior</div><div>4,230</div><div>Taló</div><div>0,000</div></div><div><div>Alçada fonamentació</div><div>0,770</div><div>Coronació</div><div>0,725</div></div><div><div>Base</div><div>2,160</div><div>Inclinació Trasdos</div><div>71,430</div></div></div></div> <div><div>FSB= 21 / FSLI= 1,5</div></div>
OBSERVACIONS	Aquest terreny exigeix un perfil en "L" excepte quan s'aplica carrega repartida sobre un terreny amb inclinació. En el cas de inclinació del terreny dona com a resultat un taló mes gran que en els altres casos degut a que la inclinació de la força afavoreix els factors de seguretat provocant sumatori de moments estabilitzadors mes alts al igual que el sumatori de forces. En el últim cas es favorable un mur en gravetat amb l'angle obtús perquè la càrrega afecta mes al moment estabilitzador. Aquestes tipologies de mur, en tots els casos, exigeixen la necessitat d'usar el rasclat per garantir el factor al lliscament, que en cada un d'ells es el condicionant últim de la dimensió de la base.			

**TAULA 2\_Comparatiu amb Sorra mitja segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB DIFERENTS ALÇADES DEL NIVELL FREÀTIC**

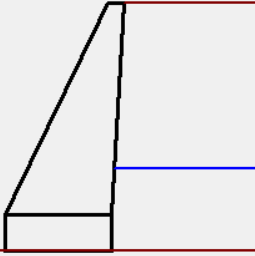
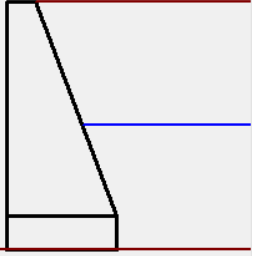
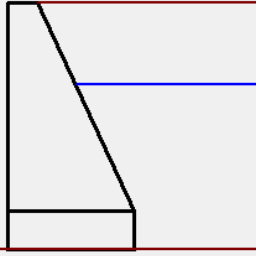
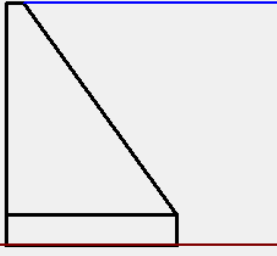
DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	NIVELL FREÀTIC A UN TERÇ DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A MITJA ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A DOS TERÇOS DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC EN TOTA L'ALÇADA
DESCRIPCIÓ <div>Sorra mitja fi30</div>				
Alçada <div>5</div> m				
Angle de fregament intern <div>30</div> °				
Inclinació del Terreny <div>0</div> °				
Càrrega superior <div>0</div> KN/m				
Nivell freàtic des de coronació <div>1.4</div> m				
Densitat natural del Terreny <div>20</div> KN/m3				
Densitat del Mur <div>24</div> KN/m3				
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur <div>26.4</div> °				
Delta de Terres-Formigó a la base del mur <div>29.4</div> °				
				
	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala
	DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR <input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)	DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)	DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)	DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)
	Alçada total <div>5</div> Urpa <div>0.000</div> Alçada superior <div>4.295</div> Taló <div>0.200</div> Alçada fonamentació <div>0.705</div> Coronació <div>0.500</div> Base <div>2.120</div> Inclinació Trasdós <div>72.110</div>	Alçada total <div>5</div> Urpa <div>0.000</div> Alçada superior <div>4.230</div> Taló <div>0.000</div> Alçada fonamentació <div>0.770</div> Coronació <div>0.700</div> Base <div>2.230</div> Inclinació Trasdós <div>71.430</div>	Alçada total <div>5</div> Urpa <div>0.000</div> Alçada superior <div>4.215</div> Taló <div>0.000</div> Alçada fonamentació <div>0.785</div> Coronació <div>0.630</div> Base <div>2.550</div> Inclinació Trasdós <div>65.620</div>	Alçada total <div>5</div> Urpa <div>0.000</div> Alçada superior <div>4.390</div> Taló <div>0.000</div> Alçada fonamentació <div>0.610</div> Coronació <div>0.260</div> Base <div>3.320</div> Inclinació Trasdós <div>55.240</div>
	FSB= 3,2 / FSLI= 1,5	FSB= 4,8 / FSLI= 1,50	FSB= 9,1 / FSLI= 1,51	FSB= 10 / FSLI= 1,5
OBSERVACIONS	Al existir nivell freàtic resulta un mur en gravetat amb el trasdos agut, en aquest trasdos la força normal de la pressió hidrostàtica s'aplica a una distancia inferior respecte el punt de gir, de manera que redueix el sumatori de moments desestabilitzadors, i sobretot aquest tipus de perfil tan pesat afavoreix, significativament en front del perfil en “L”, el factor de seguretat al lliscament. El primer cas resulta un rasclat profund però resulta efectiu per reduir la base mínima, en els altres casos el rasclat mínim per millorar el factor al lliscament es extremadament profund, si es volgués usar elements auxiliars per minoritzar la base, seria mes convenient solucionar-ho amb tensors i re-calcular la estabilitat.			

**ESTUDI AMB GRAVES EN FRONT DE DIFERENTS CANVIS DEL CONTORN  
(INCLINACIÓ SUPERIOR, CARREGA REPARTIDA I NIVELL FREÀTIC).**

**TAULA 1\_Comparatiu amb Graves sorrenques segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB TERRENY SEC, INCLINACIÓ SUPERIOR DEL TERRENY I AMB SOBRECÀRREGA**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	TERRENY SEC	CARREGA SUPERIOR 15KN/m	INCLINACIÓ SUPERIOR 10º	CARREGA SUPERIOR 15KN i INCLINACIÓ 10º																																																																
<div>CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS</div> <div>DESCRIPCIÓ<div>Graves sorrenques_</div></div> <div>Alçada<div>5</div> m</div> <div>Angle de fregament intern<div>32</div> º</div> <div>Inclinació del Terreny<div>...</div> º</div> <div>Càrrega superior<div>...</div> KN/m</div> <div>Nivell freàtic des de coronació<div>5</div> m</div> <div>Densitat natural del Terreny<div>21</div> KN/m3</div> <div>Densitat del Mur<div>24</div> KN/m3</div> <div>Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur<div>28,16</div> º</div> <div>Delta de Terres-Formigó a la base del mur<div>31,36</div> º</div>	<div></div> <div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <div><table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,385</div></td><td>Taló</td><td><div>0,350</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,615</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,230</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>93,000</div></td></tr></table></div> <div>FSB= 4,3 / FSLI= 1,51</div>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,385</div>	Taló	<div>0,350</div>	Alçada fonamentació	<div>0,615</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,230</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>	<div></div> <div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <div><table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,265</div></td><td>Taló</td><td><div>0,300</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,735</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,520</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>93,000</div></td></tr></table></div> <div>FSB= -3,8 / FSLI= 1,50</div>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,265</div>	Taló	<div>0,300</div>	Alçada fonamentació	<div>0,735</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,520</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>	<div></div> <div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <div><table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,26</div></td><td>Taló</td><td><div>0,50</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,740</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,450</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>93,000</div></td></tr></table></div> <div>FSB= 28 / FSLI= 1,5</div>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,26</div>	Taló	<div>0,50</div>	Alçada fonamentació	<div>0,740</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,450</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>	<div></div> <div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <div><table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,325</div></td><td>Taló</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,675</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,420</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,890</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>71,430</div></td></tr></table></div> <div>FSB= 3,4 / FSLI= 1,5</div>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,325</div>	Taló	<div>0,000</div>	Alçada fonamentació	<div>0,675</div>	Coronació	<div>0,420</div>	Base	<div>1,890</div>	Inclinació Trasdos	<div>71,430</div>
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,385</div>	Taló	<div>0,350</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,615</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,230</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>																																																																	
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,265</div>	Taló	<div>0,300</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,735</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,520</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>																																																																	
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,26</div>	Taló	<div>0,50</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,740</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,450</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>																																																																	
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,325</div>	Taló	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,675</div>	Coronació	<div>0,420</div>																																																																	
Base	<div>1,890</div>	Inclinació Trasdos	<div>71,430</div>																																																																	
OBSERVACIONS	Aquest terreny exigeix un perfil en "L" excepte quan s'aplica carrega repartida sobre un terreny amb inclinació. En el cas de inclinació del terreny dona com a resultat un taló mes gran que en els altres casos degut a que la inclinació de la força afavoreix els factors de seguretat provocant sumatori de moments estabilitzadors mes alts al igual que el sumatori de forces. En el últim cas es favorable un mur en gravetat amb l'angle obtús perquè la càrrega afecta mes al moment estabilitzador. Aquestes tipologies de mur, en tots els casos, exigeixen la necessitat d'usar el rasclat per garantir el factor al lliscament, que en cada un d'ells es el condicionant últim de la dimensió de la base.																																																																			

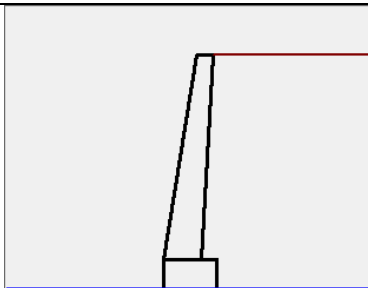
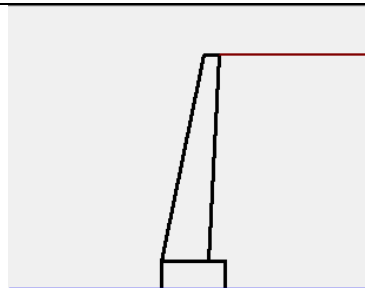
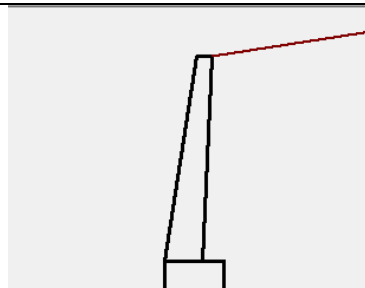
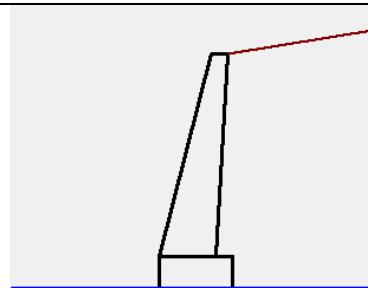
**TAULA 2 Comparatiu amb Graves sorrenques segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB DIFERENTS ALÇADES DEL NIVELL FREÀTIC**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	NIVELL FREÀTIC A UN TERÇ DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A MITJA ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A DOS TERÇOS DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC EN TOTA L'ALÇADA
<b>CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS</b>  DESCRIPCIÓ Graves sorrenques_  Alçada 5 m Angle de fregament intern 32 ° Inclinació del Terreny 0 ° Càrrega superior 0 KN/m Nivell freàtic des de coronació ... m Densitat natural del Terreny 21 KN/m3  Densitat del Mur 24 KN/m3 Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur 28,16 ° Delta de Terres-Formigó a la base del mur 31,36 °	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total 5 Urpa 0,000 Alçada superior 4,275 Taló 0,000 Alçada fonamentació 0,725 Coronació 0,313 Base 1,910 Inclinació Trasdos 93,230 FSB= 2,5 / FSLI= 1,5	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total 5 Urpa 0,000 Alçada superior 4,310 Taló 0,000 Alçada fonamentació 0,690 Coronació 0,530 Base 1,980 Inclinació Trasdos 71,430 FSB= 2,9 / FSLI= 1,5	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total 5 Urpa 0,000 Alçada superior 4,220 Taló 0,000 Alçada fonamentació 0,780 Coronació 0,540 Base 2,290 Inclinació Trasdos 67,610 FSB= 4,3 / FSLI= 1,5	 ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total 5 Urpa 0,000 Alçada superior 4,375 Taló 0,000 Alçada fonamentació 0,625 Coronació 0,313 Base 3,130 Inclinació Trasdos 57,24 FSB= 6,6 / FSLI= 1,5
<b>OBSERVACIONS</b>	Al existir nivell freàtic resulta un mur en gravetat en tots els casos, el pes ajuda significativament al factor del lliscament. Quan mes alt es el nivell freàtic mes pronunciat es l'angle agut, en aquest trados la força normal de la pressió hidrostàtica s'aplica a una distancia inferior respecte el punt de gir, de manera que redueix el sumatori de moments desestabilitzadors, i sobretot aquest tipus de perfil tan pesat afavoreix, en front del perfil en "L", el factor de seguretat al lliscament. El rasclat en cada cas tindria que ser massa profund per resultar efectiu per reduir la base, si es volgués usar elements auxiliars per minimitzar la base, seria mes convenient solucionar-ho amb tensors i re-calcular la estabilitat.			

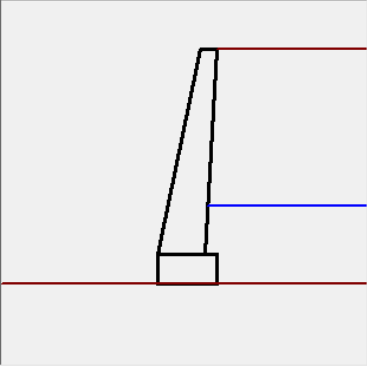
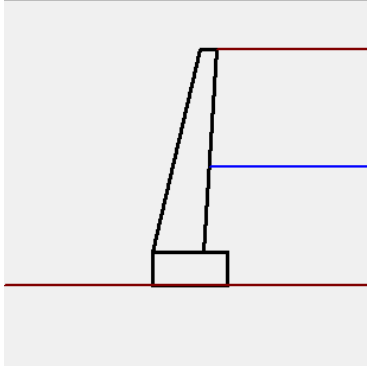
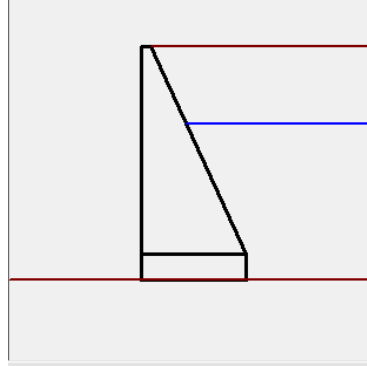
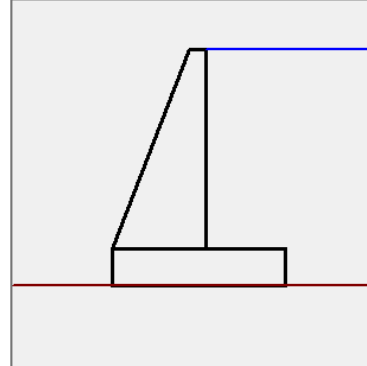
**ESTUDI AMB GRAVES TIPUS BOLOS EN FRONT DE DIFERENTS CANVIS DEL CONTORN (INCLINACIÓ SUPERIOR, CARREGA REPARTIDA I NIVELL FREÀTIC).**



**TAULA 1\_Comparatiu amb Grava tipus Bolos segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB TERRENY SEC, INCLINACIÓ SUPERIOR DEL TERRENY I AMB SOBRECÀRREGA**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	TERRENY SEC	CARREGA SUPERIOR 15KN/m	INCLINACIÓ SUPERIOR 10°	CARREGA SUPERIOR 15KN i INCLINACIÓ 10°																																																																
DESCRIPCIÓ <div>Bolos_fi35</div>																																																																				
Alçada <div>5</div> m																																																																				
Angle de fregament intern <div>35</div> °																																																																				
Inclinació del Terreny <div>...</div> °																																																																				
Càrrega superior <div>...</div> KN/m																																																																				
Nivell freàtic des de coronació <div>5</div> m																																																																				
Densitat natural del Terreny <div>21</div> KN/m3																																																																				
Densitat del Mur <div>24</div> KN/m3																																																																				
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur <div>31</div> °																																																																				
Delta de Terres-Formigó a la base del mur <div>34,5</div> °																																																																				
	<div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ <div>150</div></div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,375</div></td><td>Taló</td><td><div>0,300</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,625</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,020</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>93,010</div></td></tr></table>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,375</div>	Taló	<div>0,300</div>	Alçada fonamentació	<div>0,625</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,020</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,010</div>	<div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ <div>150</div></div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,400</div></td><td>Taló</td><td><div>0,300</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,600</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,210</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>92,700</div></td></tr></table>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,400</div>	Taló	<div>0,300</div>	Alçada fonamentació	<div>0,600</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,210</div>	Inclinació Trasdos	<div>92,700</div>	<div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ <div>150</div></div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,375</div></td><td>Taló</td><td><div>0,400</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,625</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,130</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>92,500</div></td></tr></table>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,375</div>	Taló	<div>0,400</div>	Alçada fonamentació	<div>0,625</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,130</div>	Inclinació Trasdos	<div>92,500</div>	<div>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ <div>150</div></div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</div> <div>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</div> <div><input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)</div> <table><tr><td>Alçada total</td><td><div>5</div></td><td>Urpa</td><td><div>0,000</div></td></tr><tr><td>Alçada superior</td><td><div>4,330</div></td><td>Taló</td><td><div>0,310</div></td></tr><tr><td>Alçada fonamentació</td><td><div>0,670</div></td><td>Coronació</td><td><div>0,313</div></td></tr><tr><td>Base</td><td><div>1,390</div></td><td>Inclinació Trasdos</td><td><div>93,000</div></td></tr></table>	Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>	Alçada superior	<div>4,330</div>	Taló	<div>0,310</div>	Alçada fonamentació	<div>0,670</div>	Coronació	<div>0,313</div>	Base	<div>1,390</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,375</div>	Taló	<div>0,300</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,625</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,020</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,010</div>																																																																	
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,400</div>	Taló	<div>0,300</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,600</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,210</div>	Inclinació Trasdos	<div>92,700</div>																																																																	
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,375</div>	Taló	<div>0,400</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,625</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,130</div>	Inclinació Trasdos	<div>92,500</div>																																																																	
Alçada total	<div>5</div>	Urpa	<div>0,000</div>																																																																	
Alçada superior	<div>4,330</div>	Taló	<div>0,310</div>																																																																	
Alçada fonamentació	<div>0,670</div>	Coronació	<div>0,313</div>																																																																	
Base	<div>1,390</div>	Inclinació Trasdos	<div>93,000</div>																																																																	
	FSB= 2 / FSLI= 1,65	FSB= 2 / FSLI= 1,54	FSB= 2 / FSLI= 1,55	FSB= 3,6 / FSLI= 1,5																																																																
OBSERVACIONS	Aquest terreny exigeix un perfil en "L" excepte en tots els casos, quan les condicions de contorn son les mes exigents (inclinació i sobrecàrrega) es necessaria una base significativament mes llarga que en els altres cassos, en aquesta situació , la direcció de les forces redueix el factor de seguratat al lliscament, que es el condisionant. En els cas de inclinació del terreny dona com a resultat un taló mes gran que en els altres casos degut a que la inclinació de la força afavoreix els factors de seguretat provocant sumatori de moments estabilitzadors mes alts al igual que el sumatori de forces. En cap cas ha sigut necessari el rasclat, amb aquest angle de fragament intern el facor de seguretat mes perjudicat es el del bolcament.																																																																			

**TAULA 2\_Comparatiu amb Grava tipus Bolos segons Coulomb**  
**RESUM PERFILS OBTINGUTS AMB DIFERENTS ALÇADES DEL NIVELL FREÀTIC**

DADES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	NIVELL FREÀTIC A UN TERÇ DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A MITJA ALÇADA	NIVELL FREÀTIC A DOS TERÇOS DE L'ALÇADA	NIVELL FREÀTIC EN TOTA L'ALÇADA
<b>DESCRIPCIÓ</b> Bolos_fi35  Alçada <input type="text" value="5"/> m Angle de fregament intern <input type="text" value="35"/> º Inclinació del Terreny <input type="text" value="0"/> º Càrrega superior <input type="text" value="0"/> KN/m Nivell freàtic des de coronació <input type="text" value="..."/> m Densitat natural del Terreny <input type="text" value="21"/> KN/m3  Densitat del Mur <input type="text" value="24"/> KN/m3 Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur <input type="text" value="31"/> º Delta de Terres-Formigó a la base del mur <input type="text" value="34,5"/> º	 <b>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</b> <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala  <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,360"/> Taló <input type="text" value="0,230"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,640"/> Coronació <input type="text" value="0,313"/> Base <input type="text" value="1,130"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="93,000"/>  <b>FSB= 2,4 / FSLI= 1,5</b>	 <b>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</b> <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala  <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,285"/> Taló <input type="text" value="0,450"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,715"/> Coronació <input type="text" value="0,313"/> Base <input type="text" value="1,420"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="93,230"/>  <b>FSB=8 / FSLI= 1,5</b>	 <b>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</b> <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala  <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,44"/> Taló <input type="text" value="0,000"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,560"/> Coronació <input type="text" value="0,160"/> Base <input type="text" value="1,990"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="67,610"/>  <b>FSB= 2 / FSLI= 1,51</b>	 <b>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/150</b> <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala  <b>DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR</b> <input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional) Alçada total <input type="text" value="5"/> Urpa <input type="text" value="0,000"/> Alçada superior <input type="text" value="4,230"/> Taló <input type="text" value="1,500"/> Alçada fonamentació <input type="text" value="0,770"/> Coronació <input type="text" value="0,313"/> Base <input type="text" value="3,280"/> Inclinació Trasdós <input type="text" value="90,000"/>  <b>FSB= 42 / FSLI= 1,5</b>
<b>OBSERVACIONS</b>				

## **CONCLUSIONS DEL RESULTATS DE PERFILS DE MUR AMB SISTEMA ESUROPEU I LES EMPENTES DEL TERRENY CALCULADES SEGONS COULOMB.**

Amb terrenys secs:

Els terrenys com argiles i sorres amb angles de fregament interns entre  $28^{\circ}$  i  $31^{\circ}$  i densitats baixes el factor de seguretat al lliscament es el restrictiu, fet que provoca la necessitat d'usar el rasclet per mantenir una no gaire mes llarga que la que ha resultat del factor de seguretat al bolcament.

El perfil en "L" i trasdos amb angle obtús (tombat cap el terreny) es el mes efectiu, el trasdos que provoca el sistema Europeu, que amb taló adequat genera un trasdos quebrat, el qual ajuda al factor al bolcament reduint els moment desestabilitzadors i a augmenta la component vertical de les empentes del terreny, provocat una millora al factor de seguretat al lliscament. La inclinació del terreny baixa els factors de seguretat, per tant, el perfil resultant es amb la base mes gran per poder-los complir. La carrega superior afecta mes que la inclinació del terreny i exigeix una base mes llarga. Al aplicar les dues condicions externes (inclinació i carrega repartida) fa que resulti un mur de gravetat, perquè el angle de trasdos mes adient es agut, i aquest angle no permet fer un taló suficient, a més, el per del mur en gravetat afavoreix significativament el factor al lliscament.

Els terrenys com sorres mitges i graves amb angles de fregament interns entre  $32^{\circ}$  i  $35^{\circ}$  i densitats es combina el bolcament amb el lliscament com a factor restrictiu segons les condicions de contorn. Sempre es el perfil en "L" el mes efectiu en aquests terrenys, ja que el pes d'aquest augmenta l'efectivitat del mur resultant del trasdos fictici que resulta amb el sistema Europeu. Si no existeix càrrega repartida ni inclinació superior, es el factor el bolcament el mes restrictiu, en general, no fa falta utilitzar el rasclet. Amb terrenys inclinats segueix sent el factor al bolcament com l'exigent, però al aplicar carrega repartida canvia a el de lliscament i en algunes situacions exigeix un rasclet per assegurar la base mínima resultant del factor al bolcament.

Amb variació del nivell freàtic:

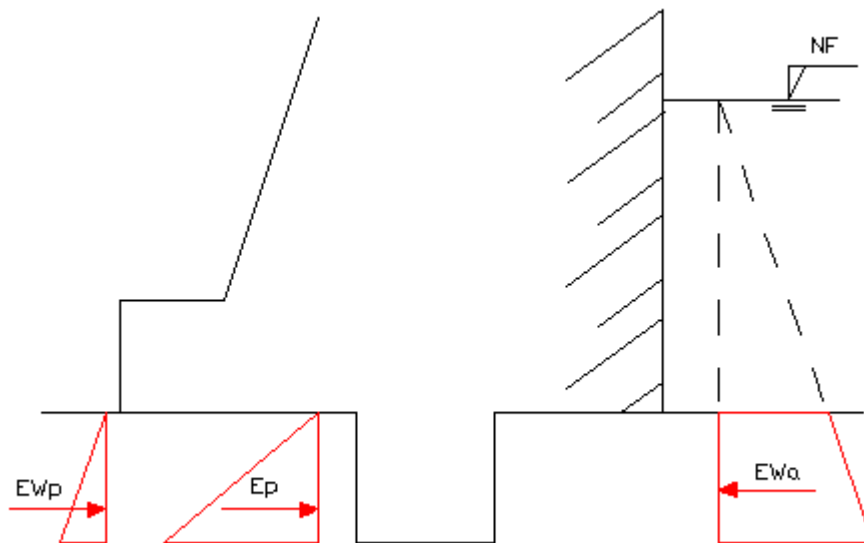
El nivell freàtic genera una força hidrostàtica que baixa significativament el factor de seguretat al lliscament, ja que existeix una força horitzontal més afegida a les empentes del terreny, a mes, l'angle amb el que s'aplica aquesta força es la normal al mur, provocant una força vertical mes proporcionalment mes alta que la de les empentes del terreny. Quant mes alt es el nivell freàtic més agut, aquest trasdos resultant provocant moments mes favorables al factor al bolcament, i augmenta la components vertical de les forces afavorint el F.S.LI. Quan l'angle de fregament intern es de  $35^{\circ}$  o més, el perfil en "L" es el resultant, les forces aplicades al trasdos fictici ajuden al factors.

Per reduir més la base, en els terrenys menys densos i angles de fregament més baixos (inferior a  $32^{\circ}$ ), no es pot utilitzar el rasclet, ja que, per culpa de la pressió hidrostàtica redueix la seguretat al lliscament, fins a una certa

profunditat de rasclat, que partir d'aquesta, a mes profunditat, millora el F.S.LI, però la alçada d'aquest descriu un perfil que es tindria que calcular com si fos una pantalla ancorada, a mes, la construcció d'aquest rasclat es massa dificultatosa, i s'hauria d'utilitzar maquinaria mes explicita, com si fos fonamentacions profundes.

En el moment d'afegir rasclat en el programa, i si existeix nivell freàtic, apareix una pantalla, al prémer el comandament de calcular, que informa de la alçada mínima necessària de rasclat per que aquest sigui afectiu.

Aquestes son les forces que s'apliquen al rasclat:



- Força desestabilitzadora:

$$EWa = \rho_w \cdot [ (H-NF) + \frac{1}{2} \cdot h^2 ]$$

- Forces estabilitzadores:

$$Ep = \frac{1}{2} \cdot \rho_{sum} \cdot h^2 \cdot Kp$$

$$EWp = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot h^2$$

on:

$\rho_w$  = densitat de l'aigua

H = Alçada del mur

NF = Alçada del nivell freàtic

h = Alçada del rasclat

$\rho_{sum}$  = Densitat del terreny submergit

Kp = Coeficient d'empenta passiu

L'afecte al factor de seguretat al lliscament d'aquestes forces es així:

$$F.S.LI.(sense\ rasclat) = \frac{\sum \text{Forces Estabilitzadores}}{\sum \text{Forces Desestabilitzadores}}$$

$$F.S.LI.(amb\ rasclat) = \frac{\sum \text{Forces Estabilitzadores} + E_p + E_{Wp}}{\sum \text{Forces Desestabilitzadores} + E_{Wa}}$$

*“Totes les forces aplicades al rasclat augmenten amb la profunditat, però en profunditat zero les estabilitzadores sumen zero mentre que la desestabilitzadora acumula el valor de la pressió hidrostàtica del nivell freàtic en aquella profunditat. Per tant, el factor al lliscament es redueix, tot i que fins que la profunditat es suficient per que la força passiva del terreny, que augmenta amb la profunditat molt més que la pressió hidrostàtica, supera les forces desestabilitzadores.”*

Profunditat mínima de rasclat a partir de la qual el factor al lliscament comença a augmentar:

- Condició  $\rightarrow F.S.LI.(sense\ rasclat) = F.S.LI.(amb\ rasclat)$

- per tant:

$$F.S.LI.(sense\ rasclat) = \frac{\sum \text{Forces Estabilitzadores} + E_p + E_{Wp}}{\sum \text{Forces Desestabilitzadores} + E_{Wa}}$$

- Desglossant les forces aplicades al rasclat i aïllem la alçada rasclat:

$$\text{Alçada mínima del rasclat} = \sqrt[2]{\frac{F.S.LI.(sense\ rasclat) \cdot (F.Desest. + (H-NF) \cdot \rho_w - F.Est.)}{\rho_{sum} \cdot K_p + \rho_w \cdot (1 - F.S.LI.(sense\ rasclat))}}$$

**ESTUDI COMPARATIU DE RANKINE AMB COULOMB AMB ELS  
CÀLCULS DELS FACTORS DE SEGURETAT AMB EL SISTEMA  
EUROPEU.**

## COMPARATIU DELS RESULTATS OBTINGUTS AMB LES EMPENTES CALCULADES SEGONS RANKINE I SEGONS COULOMB. SISTEMA EUROPEU.

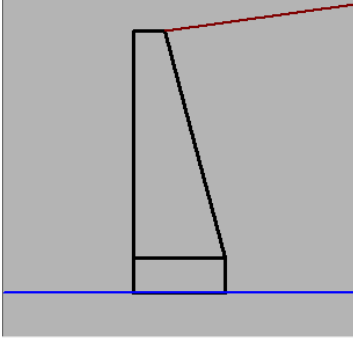
- Perfil del mur en Gravetat

CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		DESCRIPCIÓ	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
DESCRIPCIÓ Rankine / Coulomb		Trados recte		
Alçada	6 m	<p>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</p>	Ka Coulomb 0,329	Ka Rankine 0,343 Delta Rankine 8,000
Angle de fregament intern	30 °		Factor de Seguretat al Bolcament	Factor de Seguretat al Bolcament
Inclinació del Terreny	8 °		Sumatori MEstabilitzadors 222,715	Sumatori MEstabilitzadors 222,715
Càrrega superior	0 KN/m		Sumatori MDesestabilitzadors 111,166	Sumatori MDesestabilitzadors 203,899
Nivell freàtic des de coronació	6 m		F.S.B. 2,003	F.S.B. 1,092
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m <sup>3</sup>	Factor de Seguretat al Lliscament	Factor de Seguretat al Lliscament	
Densitat del Mur	19,6 KN/m <sup>3</sup>	Sumatori Forces Estabilitzadors 95,166	Sumatori Forces Estabilitzadors 81,631	
Delta de Terres-Formigó en el trados del mur	24 °	Sumatori de Forces Destabilitzadors 106,154	Sumatori de Forces Destabilitzadors 119,994	
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °	F.S.LL 0,896	F.S.LL 0,680	

**Observacions:** Rankine dona resultats extremadament conservadors pel que fa el F.S.B, l'angle implícit es de 8° summament inferior al 24° aplicats al sistema de Coulomb, la distancia de la força respecta el punt de gir és més llarga, per això el sumatori de moments desestabilitzadors es molt mes elevat. La base necessària es massa gran respecte l'exigida segons Coulomb.

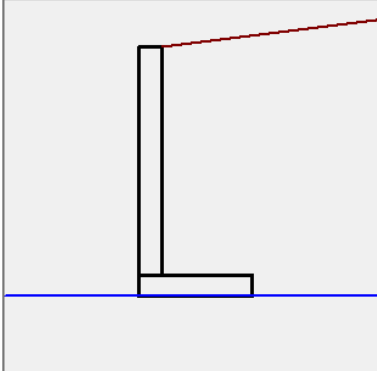
CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		DESCRIPCIÓ	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
DESCRIPCIÓ Rankine / Coulomb		Trados obtus		
Alçada	6 m	<p>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</p>	Ka Coulomb 0,289	Ka Rankine 0,337 Delta Rankine -1,837
Angle de fregament intern	30 °		Factor de Seguretat al Bolcament	Factor de Seguretat al Bolcament
Inclinació del Terreny	8 °		Sumatori MEstabilitzadors 247,923	Sumatori MEstabilitzadors 247,923
Càrrega superior	0 KN/m		Sumatori MDesestabilitzadors 117,919	Sumatori MDesestabilitzadors 268,038
Nivell freàtic des de coronació	6 m		F.S.B. 2,102	F.S.B. 0,925
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m <sup>3</sup>	Factor de Seguretat al Lliscament	Factor de Seguretat al Lliscament	
Densitat del Mur	19,6 KN/m <sup>3</sup>	Sumatori Forces Estabilitzadors 88,892	Sumatori Forces Estabilitzadors 74,123	
Delta de Terres-Formigó en el trados del mur	24 °	Sumatori de Forces Destabilitzadors 96,341	Sumatori de Forces Destabilitzadors 118,068	
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °	F.S.LL 0,923	F.S.LL 0,628	

**Observacions:** Amb el trados obtús Rankine dona resultats encara més conservadors, ja que l'angle implícit es negatiu (-1,84°), la component vertical del terreny empitjora les forces estabilitzadores del lliscament i augmenta la distancia on s'apliquen respecte el punt de gir. La base necessària es massa gran respecte l'exigida segons Coulomb.

CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		DESCRIPCIÓ	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
DESCRIPCIÓ		Trados agut		
Rankine / Coulomb			Ka Coulomb 0,486 Factor de Seguretat al Bolcament Sumatori MEstabilitzadors 146,327 Sumatori MDesestabilitzadors 72,759 <b>F.S.B. 2,011</b> Factor de Seguretat al Lliscament Sumatori Forces Estabilitzadors 127,010 Sumatori de Forces Destabilitzadors 133,307 <b>F.S.LL. 0,953</b>	Ka Rankine 0,459 Delta Rankine 26,980 Factor de Seguretat al Bolcament Sumatori MEstabilitzadors 146,327 Sumatori MDesestabilitzadors 46,211 <b>F.S.B. 3,166</b> Factor de Seguretat al Lliscament Sumatori Forces Estabilitzadors 127,128 Sumatori de Forces Destabilitzadors 120,270 <b>F.S.LL. 1,057</b>
Alçada	6 m	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala		
Angle de fregament intern	30 °			
Inclinació del Terreny	8 °			
Càrrega superior	0 KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	6 m			
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m3			
Densitat del Mur 19,6 KN/m3				
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur 24 °				
Delta de Terres-Formigó a la base del mur 24 °				

**Observacions:** Amb el trasdos agut, l'angle de fregament implícit en el sistema de Rankine es massa elevat, així que disminueix els moments desestabilitzadors i augmenta la component vertical de les forces del terreny, això fa que el perfil que defineix no es fiable, ja que no compleix si el comparem amb el de Coulomb.

- Perfil del mur en “L”

CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		DESCRIPCIÓ	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
DESCRIPCIÓ		Trados Recte		
Rankine / Coulomb			Factor de Seguretat al Volcament Sumatori MEstabilitzadors 131,067 Sumatori MDesestabilitzadors -81,886 <b>F.S.B. -1,601</b> Factor de Seguretat al Lliscament Sumatori Forces Estabilitzadors 152,862 Sumatori de Forces Destabilitzadors 132,258 <b>F.S.LL. 1,156</b> Direcció de les línies característiques oposades al Mur 64,081	Factor de Seguretat al Volcament Sumatori MEstabilitzadors 131,067 Sumatori MDesestabilitzadors 114,276 <b>F.S.B. 1,147</b> Factor de Seguretat al Lliscament Sumatori Forces Estabilitzadors 110,333 Sumatori de Forces Destabilitzadors 144,467 <b>F.S.LL. 0,764</b> Ka estrat superior 0,343 DelataRankine1 8,000 Ka estrat inferior 0,510 DeltaRankine 2 30,000
Alçada	6 m	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175 <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala		
Angle de fregament intern	30 °			
Inclinació del Terreny	8 °			
Càrrega superior	0 KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	6 m			
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m3			
Densitat del Mur 19,6 KN/m3				
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur 24 °				
Delta de Terres-Formigó a la base del mur 24 °				

**Observacions:** Rankine dona resultats conservadors tant pel F.S.B i el F.S.LL, l'angle implícit en la zona superior del trasdos quebrat fictici que defineix el sistema europeu es de 8°, summament inferior al 24° aplicats al sistema de Coulomb, la distancia de la força respecta el punt de gir és més llarga, per això el sumatori de moments desestabilitzadors es molt més elevat. La base necessària es massa gran respecte l'exigia segons Coulomb.



### CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ
Rankine / Coulomb

Alçada

6

m

Angle de fregament intern

30

º

Inclinació del Terreny

8

º

Càrrega superior

0

KN/m

Nivell freàtic des de coronació

6

m

Densitat natural del Terreny

19,6

KN/m3

Densitat del Mur

19,6

KN/m3

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur

24

º

Delta de Terres-Formigó a la base del mur

24

º

DESCRIPCIÓ

Tasdos Obtus

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175

☒ Personalitzar escala

CALCULAR SEGONS COULOMB

CALCULAR SEGONS RANKINE

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors

135,820

Sumatori MDesestabilitzadors

-86,267

F.S.B.

-1,574

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

144,286

Sumatori de Forces Desestabilitzadores

129,363

F.S.LI.

1,115

Direcció de les línies característiques oposades al Mur

64,081

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors

135,820

Sumatori MDesestabilitzadors

-50,894

F.S.B.

-2,669

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

130,198

Sumatori de Forces Desestabilitzadores

112,852

F.S.LI.

1,154

Ka estrat superior

0,337

DeltaRankine1

0,162

Ka estrat inferior

0,583

DeltaRankine2

30,000

**Observacions:** Rankine dona resultats conservadors tant pel F.S.B i el F.S.LI, l'angle implícit en la zona superior del trasdos quebrat fictici que defineix el sistema europeu es gairebé zero, la distancia de la força respecta el punt de gir és més llarga, per això el sumatori de moments desestabilitzadors es molt mes elevat. La base necessària es massa gran respecte l'exigida segons Coulomb.

### CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ
Rankine / Coulomb

Alçada

6

m

Angle de fregament intern

30

º

Inclinació del Terreny

8

º

Càrrega superior

0

KN/m

Nivell freàtic des de coronació

6

m

Densitat natural del Terreny

19,6

KN/m3

Densitat del Mur

19,6

KN/m3

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur

24

º

Delta de Terres-Formigó a la base del mur

24

º

DESCRIPCIÓ

Tasdos Agut

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175

☒ Personalitzar escala

CALCULAR SEGONS COULOMB

CALCULAR SEGONS RANKINE

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors

132,529

Sumatori MDesestabilitzadors

-79,358

F.S.B.

-1,670

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

152,043

Sumatori de Forces Desestabilitzadores

131,766

F.S.LI.

1,154

Direcció de les línies característiques oposades al Mur

64,081

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors

132,529

Sumatori MDesestabilitzadors

-55,876

F.S.B.

-2,372

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

138,780

Sumatori de Forces Desestabilitzadores

113,150

F.S.LI.

1,227

Ka estrat superior

0,369

DeltaRankine1

16,536

Ka estrat inferior

0,583

DeltaRankine2

30,000

**Observacions:** Amb el trasdos agut, l'angle de fregament implícit en el sistema de Rankine es massa elevat, així que disminueix els moments desestabilitzadors i augmenta la component vertical de les forces del terreny, això fa que el perfil que defineix no es fiable, ja que no compleix si el comparem amb el de Coulomb.

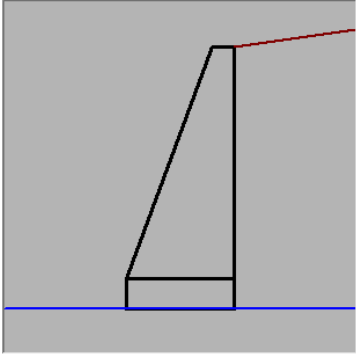
TFC: 48

## CONCLUSIONES DELS RESULTATS DE PERFILS DE MUR AMB SISTEMA EUROPEO COMPARANT LES EMPENTES DEL TERRENY CALCULADES SEGONS RANKINE AMB COULOMB.

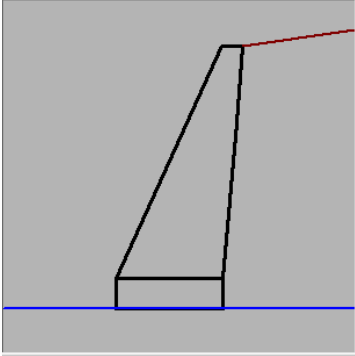
Tant amb perfils en Gravetat com en "L", les condicions i conclusions son les mateixes, en el cas de trastos recte i trastos obtús, l'angle implícit en el sistema de Rankine no te en compte la rugositat del mateix trasdos i dona angles baixos o negatius, per tant la distancia on s'aplica l'empenta del terreny en inferior que en el sistema de Coulomb, i això fa que els moments desestabilitzadors siguin mes baixos, donant com a resultat un factor de seguretat massa baix, per tan la base tindria que ser més gran.

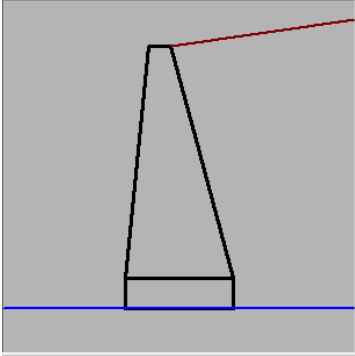
Amb l'angle de fregament baix o negatiu, fa que la component vertical de l'empenta del terreny sigui inferior que en el sistema amb Coulomb, per tant, també dona un factor de seguretat al lliscament massa baix, per tant la base també tindria que ser més gran.

En el cas de trasdos recte, el càlcul del coeficient de l'empenta resulta ser el menteix en Rankine i Coulomb, si apliquem a Coulomb l'angle de fregament, del trasdos del mur, el mateix que es dedueix en les equacions de Rankine, els factors de seguretat en els dos casos seran idèntics:

CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		DESCRIPCIÓ Rankine = Coulomb	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
<b>DESCRIPCIÓ Rankine / Coulomb</b> <hr/> Alçada <input type="text" value="6"/> m Angle de fregament intern <input type="text" value="30"/> ° Inclinació del Terreny <input type="text" value="8"/> ° Càrrega superior <input type="text" value="0"/> KN/m Nivell freàtic des de coronació <input type="text" value="6"/> m Densitat natural del Terreny <input type="text" value="19,6"/> KN/m3 <hr/> Densitat del Mur <input type="text" value="19,6"/> KN/m3 Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur <input type="text" value="8"/> ° Delta de Terres-Formigó a la base del mur <input type="text" value="24"/> °		 <p>ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/175  <input checked="" type="checkbox"/> Personalitzar escala</p>	<p>Ka Coulomb <input type="text" value="0,343"/></p> <p><b>Factor de Seguretat al Bolcament</b></p> Sumatori MEstavilitzadors <input type="text" value="287,113"/> Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text" value="198,671"/> <b>F.S.B. <input type="text" value="1,445"/></b>	<p>Ka Rankine <input type="text" value="0,343"/> Delta Rankine <input type="text" value="8,000"/></p> <p><b>Factor de Seguretat al Bolcament</b></p> Sumatori MEstavilitzadors <input type="text" value="287,113"/> Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text" value="198,671"/> <b>F.S.B. <input type="text" value="1,445"/></b>
			<p><b>Factor de Seguretat al Lliscament</b></p> Sumatori Forces Estavilitzadores <input type="text" value="90,694"/> Sumatori de Forces Destavilitzadores <input type="text" value="119,994"/> <b>F.S.LL <input type="text" value="0,756"/></b>	<p><b>Factor de Seguretat al Lliscament</b></p> Sumatori Forces Estavilitzadores <input type="text" value="90,694"/> Sumatori de Forces Destavilitzadores <input type="text" value="119,994"/> <b>F.S.LL <input type="text" value="0,756"/></b>

En el cas de trasdos obtús o agut, tot i usar en Coulomb l'angle de fregament del trasdos igual al de Rankine, no donar el mateix resultat, ja que el coeficient d'empenta es diferent, Coulomb te en compte la inclinació del trasos del mur, per contra, en Rankine, no es requereix la inclinació de trasdos, assumint que aquest es recte.

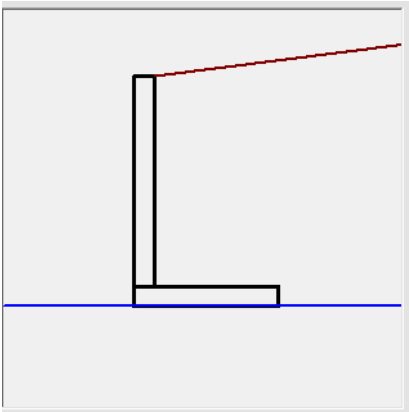
CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	DESCRIPCIÓ	Trasdos Obtus	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
DESCRIPCIÓ	Rankine / Coulomb		<p>Ka Coulomb 0,334</p> <p>Factor de Seguretat al Bolcament</p> <p>Sumatori MEstavilitzadors 314,810</p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors 270,107</p> <p>F.S.B. 1,165</p> <p>Factor de Seguretat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors 83,185</p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors 117,062</p> <p>F.S.LL 0,711</p>	<p>Ka Rankine 0,337 Delta Rankine -1,837</p> <p>Factor de Seguretat al Bolcament</p> <p>Sumatori MEstavilitzadors 314,810</p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors 272,426</p> <p>F.S.B. 1,156</p> <p>Factor de Seguretat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors 83,185</p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors 118,068</p> <p>F.S.LL 0,705</p>
Alçada	6 m			
Angle de fregament intern	30 °			
Inclinació del Terreny	8 °			
Càrrega superior	0 KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	6 m			
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m³			
Densitat del Mur	19,6 KN/m³			
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	-1,837 °			
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °			

CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	DESCRIPCIÓ	Trasdos Agut	CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
DESCRIPCIÓ	Rankine / Coulomb		<p>Ka Coulomb 0,493</p> <p>Factor de Seguretat al Bolcament</p> <p>Sumatori MEstavilitzadors 202,287</p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors 14,080</p> <p>F.S.B. 14,367</p> <p>Factor de Seguretat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors 134,944</p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors 129,201</p> <p>F.S.LL 1,044</p>	<p>Ka Rankine 0,459 Delta Rankine 26,980</p> <p>Factor de Seguretat al Bolcament</p> <p>Sumatori MEstavilitzadors 202,287</p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors 13,110</p> <p>F.S.B. 15,430</p> <p>Factor de Seguretat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors 131,365</p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors 120,270</p> <p>F.S.LL 1,092</p>
Alçada	6 m			
Angle de fregament intern	30 °			
Inclinació del Terreny	8 °			
Càrrega superior	0 KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	6 m			
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m³			
Densitat del Mur	19,6 KN/m³			
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	26,98 °			
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °			

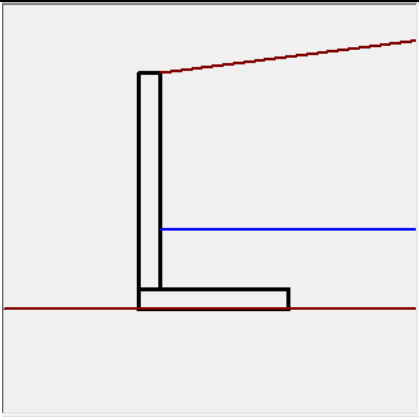
**ESTUDI COMPARATIU DEL SISTEMA AMERICÀ AMB EL  
SISTEMA EUROPEU I LES EMPENTES DEL TERRENY SEGONS  
COULOMB.**

## COMPARATIU I CONCLUSIONS DELS RESULTATS OBTINGUTS AMB EL SISTEMA AMERICÀ I EL SISTEMA EUROPEU AMB LES EMPENTES DEL TERRENY CALCULADES SEGONS COULOMB.

- Amb el terreny sec

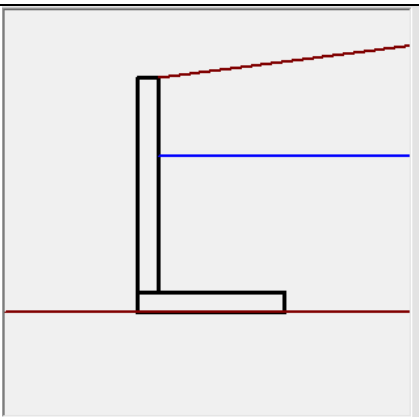
CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS			CALCULAR SEGONS COULOMB	SISTEMA AMERICÀ
DESCRIPCIÓ	America / Europeu			
Alçada	6 m			
Angle de fregament intern	30 °			
Inclinació del Terreny	8 °			
Càrrega superior	0 KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	6 m			
Densitat natural del Terreny	18 KN/m <sup>3</sup>			
Densitat del Mur	21 KN/m <sup>3</sup>			
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	24 °			
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °			
			<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors 295,852 Sumatori MDesestabilitzadors -239,407 <b>F.S.B.</b> -1,236 <b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores 191,825 Sumatori de Forces Desestabilitzadores 125,766 <b>F.S.LI</b> 1,525	<b>SISTEMA AMERICÀ</b> Ka Americà 0,364 <b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors 623,853 Sumatori MDesestabilitzadors 236,042 <b>F.S.B.</b> 2,643 <b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores 167,969 Sumatori de Forces Desestabilitzadores 118,021 <b>F.S.LI</b> 1,423
		<b>Observacions:</b> El trasdos fictici del sistema Americà es recte i les forces del terreny s'apliquen sobre aquest sense inclinació, per tant, la distancia respecte el punt de gir és més gran que en el sistema Europeu, el trasdos inferior fictici del qual es inclinat. Per això el F.S.B. del sistema Americà exigeix una base més llarga. Pel que fa el F.S.LI. el mur de terra fictici s'aproxima molt al resultat del sistema Europeu, la força vertical del terreny que correspon al mur fictici, compensa proporcionalment les forces estabilitzadores i desestabilitzadores.		

- Nivell Freàtic amb 2m d'alçada

CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS			CALCULAR SEGONS COULOMB	SISTEMA AMERICÀ
<b>DESCRIPCIÓ</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">América / Europeu</span>			<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors: 295,852 Sumatori MDesestabilitzadors: -138,639 <b>F.S.B.</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">-2,134</span>	<b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores: 173,915 Sumatori de Forces Desestabilitzadores: 132,727 <b>F.S.LI.</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,310</span>
Alçada	<input type="text" value="6"/> m			
Angle de fregament intern	<input type="text" value="30"/> °			
Inclinació del Terreny	<input type="text" value="8"/> °			
Càrrega superior	<input type="text" value="0"/> KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	<input type="text" value="4"/> m			
Densitat natural del Terreny	<input type="text" value="18"/> KN/m <sup>3</sup>			
Densitat del Mur: <input type="text" value="21"/> KN/m <sup>3</sup> Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur: <input type="text" value="24"/> ° Delta de Terres-Formigó a la base del mur: <input type="text" value="24"/> °				

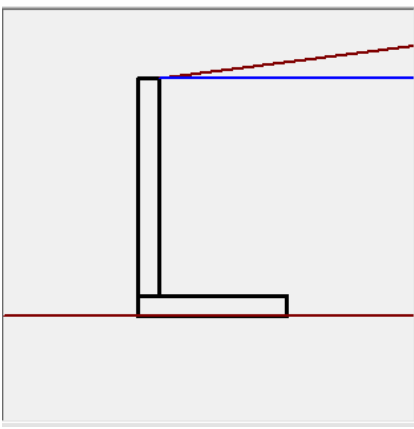
**Observacions:** Amb nivell freàtic el factor de seguretat al bolcament segueix següent molt diferenciats, ja que dona un sumatori de moments desestabilitzadors massa alts comparats amb el sistema Europeu. La diferencia entre els factors al lliscament es proporcionalment més elevada que en el cas de terreny sec, de manera que aquest factor, el igual que el del bolcament, exigeixen una base més llarga comparat amb el sistema Europeu.

- Nivell Freàtic amb 4m d'alçada

CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS			CALCULAR SEGONS COULOMB	SISTEMA AMERICÀ
<b>DESCRIPCIÓ</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">América / Europeu</span>			<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors: 295,852 Sumatori MDesestabilitzadors: 0,017 <b>F.S.B.</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">17.720,68</span>	<b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores: 155,634 Sumatori de Forces Desestabilitzadores: 162,788 <b>F.S.LI.</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,956</span>
Alçada	<input type="text" value="6"/> m			
Angle de fregament intern	<input type="text" value="30"/> °			
Inclinació del Terreny	<input type="text" value="8"/> °			
Càrrega superior	<input type="text" value="0"/> KN/m			
Nivell freàtic des de coronació	<input type="text" value="2"/> m			
Densitat natural del Terreny	<input type="text" value="18"/> KN/m <sup>3</sup>			
Densitat del Mur: <input type="text" value="21"/> KN/m <sup>3</sup> Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur: <input type="text" value="24"/> ° Delta de Terres-Formigó a la base del mur: <input type="text" value="24"/> °				

**Observacions:** Amb nivell freàtic a mitja alçada el factor de seguretat al bolcament segueix sent molt diferenciats, tot i que la pressió hidrostàtica afecta més en el factor del Europeu que en el Americà. En el sistema Europeu la component vertical de la força de l'aigua fa que els moments desestabilitzadors siguin gairebé zero, per això el factor es tant elevat. La diferencia entre els factors al lliscament augmenta proporcionalment quedant més elevat es el nivell freàtic.

- Nivell Freàtic des de coronació

CARACTERISTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS			CALCULAR SEGONS COULOMB		SISTEMA AMERICÀ	
<b>DESCRIPCIÓ</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">América / Europeu</span>			<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">295,952</span> Sumatori MDesestabilitzadors <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">227,208</span> <b>F.S.B.</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,302</span>		<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">623,853</span> Sumatori MDesestabilitzadors <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">458,637</span> <b>F.S.B.</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,360</span>	
Alçada	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6</span> m	<b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">136,981</span> Sumatori de Forces Desestabilitzadores <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">215,950</span> <b>F.S.LI</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,634</span>		<b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">123,857</span> Sumatori de Forces Desestabilitzadores <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">118,021</span> <b>F.S.LI</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,049</span>		
Angle de fregament intern	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30</span> °	<b>Observacions:</b> Amb nivell freàtic en la coronació el factor de seguretat al bolcament es pràcticament igual, però en aquest cas el sistema Americà dona resultats mes baixos, la base seria més petita, per tant no son fiables. Amb el factor al lliscament també dona resultats mes alts, la base exigida seria més petita, per tant l'aproximació del sistema Americà no es fiable.				
Inclinació del Terreny	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</span> °					
Càrrega superior	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> KN/m					
Nivell freàtic des de coronació	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</span> m					
Densitat natural del Terreny	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">18</span> KN/m3					
Densitat del Mur	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">21</span> KN/m3					
Delta de Terres-Formigó en el trasdós del mur	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">24</span> °					
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">24</span> °					

## BIBLIOGRAFIA

---

- GEOTECNIA Y CIMIENTOS II, mecánica del suelo y de las rocas  
(2a edición) *Editorial Rueda*

Jose A. Jiménez Salas  
Jose L. De Justo Alpañes  
Alcibiades A. Serrano Gonzalez

- INTRODUCCIÓ AL VISUAL BASIC  
*UPC, assignatura mètodes numèrics i informàtica*

- APRENDA VISUAL BASIC 6.0  
*Escuela superior de ingenieros industriales de Navarra*

Javier García de Jalón de la fuente  
Rufino Goñi Lasheras  
Alfonso Brazález Guerra  
Jose Ignacio Rodríguez Garrido  
Francisco Javier Fuentes Martínez  
Aitor Imaz Molina

- Foro consultes de VisualBasic

<http://www.recursosvisualbasic.com.ar/>



# MANUAL DIMUR

<b><i>Descripció</i></b>	Manual de operatòria
<b><i>Projecte</i></b>	Dimur
<b><i>Versió</i></b>	V 1.4.4
<b><i>Autor</i></b>	David Pou Felix
<b><i>Última actualització</i></b>	11/08/2011

## **Índex**

---

<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>01</b>
<b>EXECUTAR EL PROGRAMA, INICI</b>	<b>01</b>
Inici	01
Dades Terreny i materials	01
Sortir	02
<b>DESAR I CARREGAR DADES</b>	<b>03</b>
<b>FORMULARI MUR GENÈRIC</b>	<b>04</b>
Executar i tancar	04
Descripció i càlcul bàsic	04
Dibuix del mur	06
Rasclet	08
<b>GRÀFICS</b>	<b>10</b>
Executar	10
Procés de creació dels gràfics	11
Inclinació del Trasdós	11
Longitud Taló	12
Iteració per la mínima base del mur	13
Geometria base del mur	14
<b>FORMULARI MUR GRAVETAT</b>	<b>16</b>
Executar i tancar	16
Descripció i càlcul bàsic	16
Dibuix del mur	18
Rasclet	20
Trasdós quebrat	22
<b>ALTRES FUNCIONS, MENÚ EINES</b>	<b>25</b>
Transferència de dades “Mur Genèric/Mur Gravetat”	25
Menú Eines	25
Decimals	26
Quebrat	26
Fonamentació	26
Rasclet	27
Gravetat-Genèric	27
FS mínims	28

## INTRODUCCIÓ

Aquest manual mostra la mecànica de funcionament de les aplicacions desenvolupades per el programa "Dimur".

Es suposa un coneixement de la interfase de usuari Windows i de les aplicacions a l'entorn de Microsoft Office.

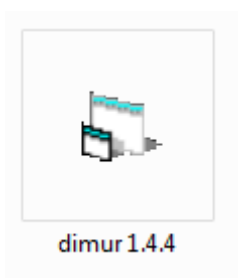
Cal tenir instal·lat, a la computadora on executarem dimur, el programa Microsoft Excel.

La mínima resolució de pantalla òptima per garantir la bona visualització d'aquest programa es de 1280x800 píxels.

## EXECUTAR EL PROGRAMA, INICI

### Inici

Per executar el programa cal carregar l'arxiu "dimur.exe" dins la computadora i fer doble click sobre aquest arxiu.



S'obra la pantalla principal amb un formulari base (Multiform) sobre el qual s'executaran diferents subformularis depenent del que desitgem realitzar.

En la pantalla inicial apareix un formulari per defecte, que sempre romandrà obert, es el que es descriu com "CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I EL MATERIALS"

### Dades Terreny i materials

Abans de començar de realitzar qualsevol càlcul o activitat amb el programa, cal introduir les des del terreny a contenir i el material a utilitzar per mur que volem dimensionar.

Totes aquestes dades es basaran amb un previ estudi geotècnic del terreny, aquest programa disposa d'un formulari que calcula els angles de fregament Mur/Terreny segons Potyondy, sobre el formulari del terreny i materials, ubicat a la part inferior dreta, hi ha un comandament amb aquest nom,

si el cliquem s'obra un subformulari simple on tenim que introduir el tipus de terreny i sistema d'encofrat per obtenir l'angle de fregament que busquem.

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ

---

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Delta segons Potyondy

**Fregament entre materials segons Potyondy**

**Tipus de terreny**

☒ Sorra, seca i densa

☐ Sorra, saturada i densa

☐ Llim no cohesiu, sec i dens

☐ Llim no cohesiu, saturat i fluix

☐ Llim no cohesiu, saturat i dens

☐ Granular cohesiu,  $0 < IF > 0,5$

☐ Argila,  $0 < IF > 0,27$

**Tipus encofrat del formigó**

☐ Metàl·lic (superfície llisa)

☐ Fusta (superfície aspre)

☐ Vessar sobre terreny (superfície rugosa)

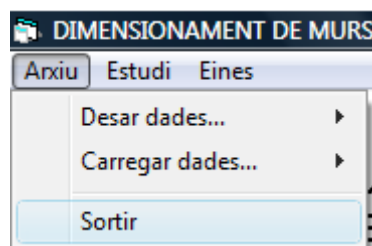
**CÀLCUL**

Fregament entre el terreny i el formigó

Per apagar el subformulari “Delta segons Potyondy” només s’ha de polsar la “x” situada al la part superior dreta.

## Sortir

En qualsevol moment l’usuari pot sortir del programa mitjançant el menú “Arxiu” clicant sobre l’activitat “Sortir”.



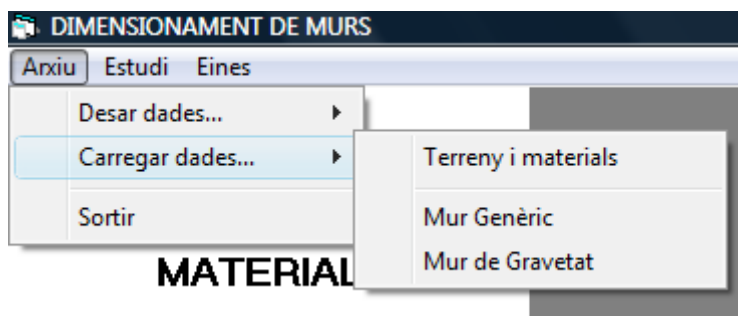
De la mateixa manera es pot tancar el programa clicant la “x” superior dreta.

Es important aclarir que totes les dades que no s’hagin desat prèviament, no es podran recuperar. En cap moment, el programa avisa d’aquesta situació, senzillament es tancarà sense desar cap dada que no hagi arxivat l’usuari.

## DESAR I CARREGAR DADES

El programa permet desar les dades del terreny i materials, el Mur de Gravetat i el Mur Genèric independentment per cada un d'ells, creant un arxiu amb extensió .txt que es pot rescatar en qualsevol moment.

Mitjançant el menú "Arxiu" es podrà desar i carregar aquestes dades:



Per desar el terreny cal que el nom de l'arxiu sigui suficientment identificatiu, pel terreny i materials es aconsellable descriure'l:

*Terreny + "Nom descriptiu". Txt*

, per l'arxiu del Mur de Gravetat:

*MGravetat + "Nom descriptiu".txt*

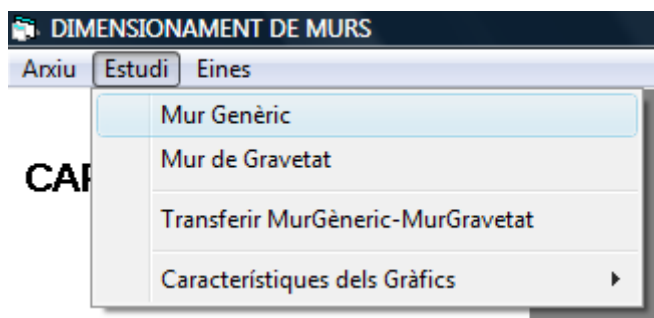
i per l'arxiu del Mur de Gravetat:

*MGeneric + "Nom descriptiu".txt*

## FORMULARI MUR GENÈRIC

### Executar i tancar

Per executar el formulari Mur Genèric cal obrir l'apartat "Estudi" del menú del programa, dins d'aquest hi trobarem la descripció "Mur Genèric".



En qualsevol moment podem tancar el l'estudi Mur Genèric mitjançant la "x" situada a la zona superior dreta del mateix formulari.

Si no em desat les dades prèviament, es perdrà tota la informació que en ell apareix.

### Descripció i càlcul bàsic

Les funcions bàsiques d'aquest formulari es el càlcul de factor de segureta al bolcament i al lliscament de murs de contenció amb un perfil genèric, es a dir, amb qualsevol forma incloent tipus mur gravetat, mur en "L" i derivacions d'aquests.

Ens permet fer el càlcul segons Coulomb, Rankine i Sistema Americà, una vegada introduïdes les dades que ens demana el programa, clicant sobre el comandament que descriu el sistema amb el volem que es calculi el factor de seguretat, es dibuixa el mur que estem calculant i s'indica el factors de seguretat.

Cada indicador de factor de seguretat es un comandament **F.S.B.** o **F.S.LI.**, si el premem, s'inicia un procés de iteració de la base que busca la longitud mínima possible que compleixi amb el factor de seguretat predefinit, en el últim capítol d'aquest manual ( **ALTRES FUNCIONS, MENÚ EINES** ) es descriu els valors predefinits com modificar-los.

També es mostren dades secundaries per el càlcul com son la raó del sumatori de moments en el cas de factor al bolcament i la raó de sumatori de forces en el lliscament.

Si la secció de mur demana un càlcul en tipus “L”, pels sistemes segons Coulomb i Rankine, s’indica el coeficient d’empenta de cada un en els diferents trasdos que defineix el sistema Europeu expressat com a “Ka estrat superior” i “Ka estrat inferior”, si només existís un estrat, es defineix:

$$\text{“Ka estrat superior”} = 0$$

També es mostra la direcció de línies característiques i l’angle de fregament implícit en el càlcul de Rankine per cada un dels estrats, si existís més d’un.

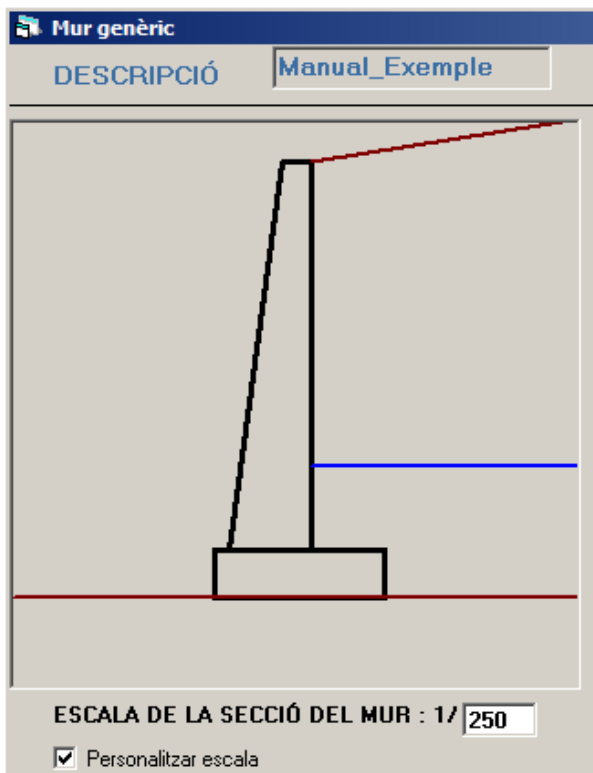
CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE	SISTEMA AMERICÀ
<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors: 780,377 Sumatori MDesestabilitzadors: 182,520 <b>F.S.B.</b> : 4,276  <b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores: 490,947 Sumatori de Forces Desestabilitzadores: 540,820 <b>F.S.LI.</b> : 0,908  Direcció de les línies característiques oposades al Mur: 64,994	<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors: 780,377 Sumatori MDesestabilitzadors: 1.105,334 <b>F.S.B.</b> : 0,706  <b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores: 359,737 Sumatori de Forces Desestabilitzadores: 572,504 <b>F.S.LI.</b> : 0,628  Ka estrat superior: 0,365 Ka estrat inferior: 3,5 DeltaRankine1: 10,000 DeltaRankine2: 10,000	<b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors: 1.515,509 Sumatori MDesestabilitzadors: 2.064,914 <b>F.S.B.</b> : 0,734  <b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores: 329,999 Sumatori de Forces Desestabilitzadores: <b>F.S.LI.</b> : 0,576

Si el càlcul es tipus Mur gravetat s’indicarà el coeficient d’empenta del terreny en el sistema de càlcul segons Coulomb.

CALCULAR SEGONS COULOMB
Ka Coulomb: 0,355 <b>Factor de Seguretat al Volcament</b> Sumatori MEstabilitzadors: 1.427,293 Sumatori MDesestabilitzadors: 998,323 <b>F.S.B.</b> : 1,430  <b>Factor de Seguretat al Lliscament</b> Sumatori Forces Estabilitzadores: 383,006 Sumatori de Forces Desestabilitzadores: 477,957 <b>F.S.LI.</b> : 0,801

## Dibuix del mur

El perfil del mur es presenta dibuixat en una pantalla integrada en el formulari, el programa defineix una escala que s'adapta a les dimensions d'aquesta pantalla, si volem modificar la escala manualment cal activar la casella "Personalitzar escala". Ens permetrà introduir manualment el valor d'aquesta en el apartat "ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR".





Per definir el perfil de mur cal introduir els paràmetres que ens demana en l'apartat "DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR". La casella "Alçada total" es copia directament de "CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS" dades del qual s'han introduït prèviament.

La casella "Alçada Superior" es calcula directament una vegada introduïda totes les dades gràfiques i premem el comandament "CARREGAR DADES GRÀFIQUES".

**DIMENSIONAMENT DE MURS**

Arxiu   Estudi   Eines

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ   **Manual\_Exemple**

Alçada	<input type="text" value="10"/>	m
Angle de fregament intern	<input type="text" value="29"/>	º
Inclinació del Terreny	<input type="text" value="10"/>	º
Càrrega superior	<input type="text" value="15"/>	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	<input type="text" value="7"/>	m
Densitat natural del Terreny	<input type="text" value="25"/>	KN/m3

---

Densitat del Mur	<input type="text" value="30"/>	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	<input type="text" value="25,52"/>	º
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	<input type="text" value="26,1"/>	º

Delta segons Potyondy

**Mur genèric**

DESCRIPCIÓ   **Manual\_Exemple**

**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/**

☒ Personalitzar escala

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasplet (Opcional)

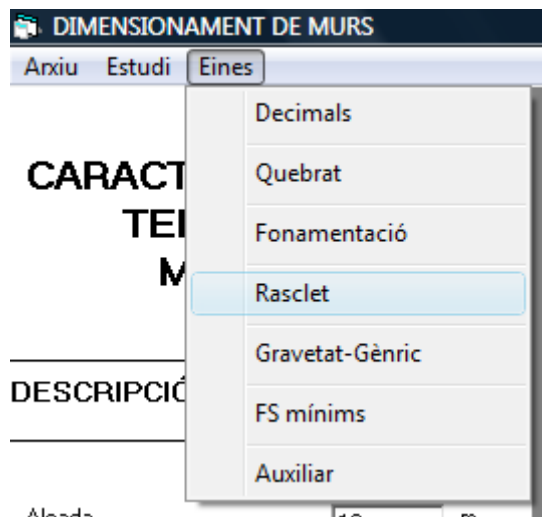
Alçada total	<input type="text" value="10"/>	Urpa	<input type="text" value="0,3"/>
Alçada superior	<input type="text" value="8,900"/>	Taló	<input type="text" value="1,5"/>
Alçada fonamentació	<input type="text" value="1,1"/>	Coronació	<input type="text" value="0,625"/>
Base	<input type="text" value="3,5"/>	Inclinació Trasdós	<input type="text" value="90"/>

CARREGAR DADES GRÀFIQUES

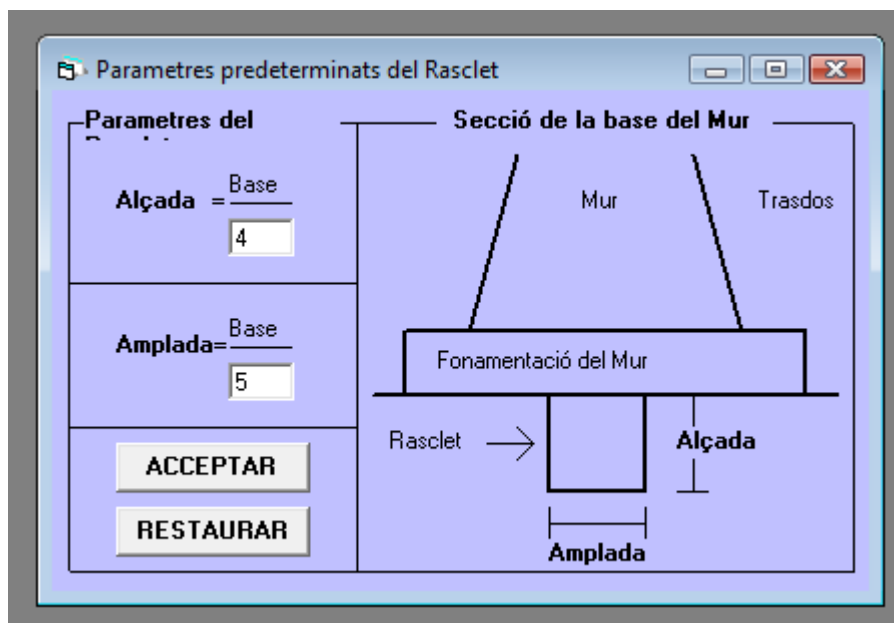
Les dades necessàries per realitzar el dibuix, com la profunditat del nivell freàtic i la inclinació del terreny en la coronació del mur, queden definides en el formulari "CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS".

## Rasclet

Aquest programa té la opció de millorar el factor de seguretat al lliscament afegint un rasclet a la secció del mur. Les dimensions d'aquest es defineixen per defecte com a proporció de la base del mur. Mitjançant el menú **Eines** premem la opció "Rasclet".



S'obrirà un subformulari on ens demana la raó de les dimensions del rasclet, si premem el comandament "RESTAURAR" apareix les dades predeterminades (Alçada = Base/4 i Amplada = Base/5). Per modificar-les cal introduir el valor que desitgem i premem el comandament "ACCEPTAR".



Una vegada definides les dimensions, cal prémer la casella “Rasclet (Opcional)” en el apartat “DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR”, En el moment de prémer el comandament de qualsevol tipus de càlcul o Gràfiques o el de carregar dades gràfiques es dibuixarà el rasclet definit sempre que la casella corresponent estigui activada.

The screenshot shows the 'Mur genèric' software interface. At the top, there's a title bar with the software name. Below it, a tab labeled 'Manual\_Exemple' is active. The main area displays a cross-section diagram of a wall. The wall has a base, a vertical section, and a sloped section. A red line indicates the ground level, and a blue line indicates the water level. Below the diagram, there are several input fields and checkboxes for configuring the wall's properties.

DESCRIPCIÓ Manual\_Exemple

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 250

☒ Personalitzar escala

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☒ Rasclet (Opcional)

Alçada total	10	Urpa	0,3
Alçada superior	8,9	Taló	1,5
Alçada fonamentació	1,1	Coronació	0,625
Base	3,5	Inclinació Trasdos	90

CARREGAR DADES GRÀFIQUES

## GRÀFICS

Amb el programa dimur es pot crear unes gràfiques que il·lustren el procés de dimensionament del mur de contenció, aquest procés s'explica en el capítol "PROTOCOL DEL ESTUDI DEL MUR" del TFC.

Seguidament explicarem el argument del càlcul d'aquestes gràfiques, com executar-les i els valors predeterminats amb els que s'han creat aquestes gràfiques i com modificar-los.

### Executar

Per iniciar la creació de gràfiques cal tenir obert el formulari "Mur Genèric", dins el qual hi ha un apartat anomenat "GRÀFICA", on centrarem tota la explicació d'aquest capítol.

The screenshot shows a software interface for wall design. The 'GRÀFICA' section is active, showing options for 'PRE-DIMENSIONAMENT' (with a checked 'Bloqueig' box and input fields for 'F.S.B.' and 'F.S.L.I.'), 'Sistema de càlcul d'empentes' (with radio buttons for 'Coulomb', 'Rankine', and 'Americà'), and 'variable de la funció del gràfic' (with input fields for 'Inclinació del Trasdós' and 'Longitud del Talò'). A checkbox 'Respectar les dades gràfiques del mur' is also visible.

En primer lloc tenim que triar el tipus de càlcul de les empentes de terreny indicant la casella en el apartat "Sistema de càlcul d'empentes".

This is a close-up of the 'Sistema de càlcul d'empentes' section from the previous image. It shows three radio buttons: 'Coulomb' (which is selected), 'Rankine', and 'Americà'.

Seguidament s'ha de introduir una dimensió de base del mur; es pot anotar directament en l'apartat "DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR" o fent servir la poció "PREDIMENSIONAMENT" dins de "GRÀFICA", aquesta opció ens iterarà una base per una secció de mur amb cares paral·leles que compleix els factors de seguretat al bolcament i lliscament segons el sistema de càlcul que em escollit.

Amb una base de mur definida, es pot iniciar la creació d'un gràfic premen el comandament "Inclinació del Trasdós" o el comandament "Longitud del Taló".



## Procés de creació dels gràfics

### Inclinació del Trasdós:

Al accionar aquest comandament, s'obrirà un full en el programa Microsoft Excel on es carregaran diferents valors d'angles de trasdós de mur en intervals de  $1^\circ$ , començant per l'angle que ens permet el talús màxim del terreny\* fins el angle de trasdós que provoca que la cara oposada del mur (intrados) arribi a un màxim de  $90^\circ$  respecte l'horitzontal de la base, evitant així que l'intrados quedi en desplom.

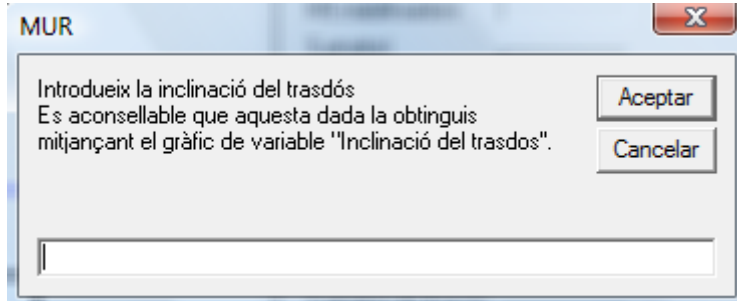
A la vegada es calcularan els factors de seguretat i també es carregaran en les caselles successives al angle de trasdós dins la fulla d'Excel. El càlcul dels factors de seguretat es realitzaran mitjançant una secció de mur amb unes dimensions predeterminades en funció de la alçada del terreny (en el següent apartat s'explica quines són les proporcions per defecte i com es poden modificar).

Simultàneament s'anirà creant una gràfica que permet veure l'evolució dels factors de seguretat mentre es varia l'angle de trasdós del mur. Les característiques i paràmetres de la gràfica estan predimensionades i no es poden modificar.

\* En sistema Americà, l'angle de trasdós del mur no superarà els  $90^\circ$

### Longitud del Taló:

Al accionar aquest comandament, mitjançant un inputbox, ens demanarà l'angle del trasdós amb el que es vol crear el gràfic.



Al introduir la dada sol·licitada premem "Aceptar" i s'obrirà un full en el programa Microsoftexcel on es carregarà diferents dimensions de taló de mur en intervals de 1cm, començant pel màxim taló possible que permeti un intrados recte (90° graus respecte l'horitzontal de la base), fins que el taló sigui nul (mur en gravetat).

A la vegada es calcularan els factors de seguretat i també es carregaran en les caselles successives a la dimensió del taló de mur dins la fulla d'excel. El càlcul del factors de seguretat es realitzaran mitjançant una secció de mur amb unes dimensions predeterminades en funció de l'alçada del terreny (en el següent apartat s'explica quines son les proporcions per defecte i com es poden modificar).

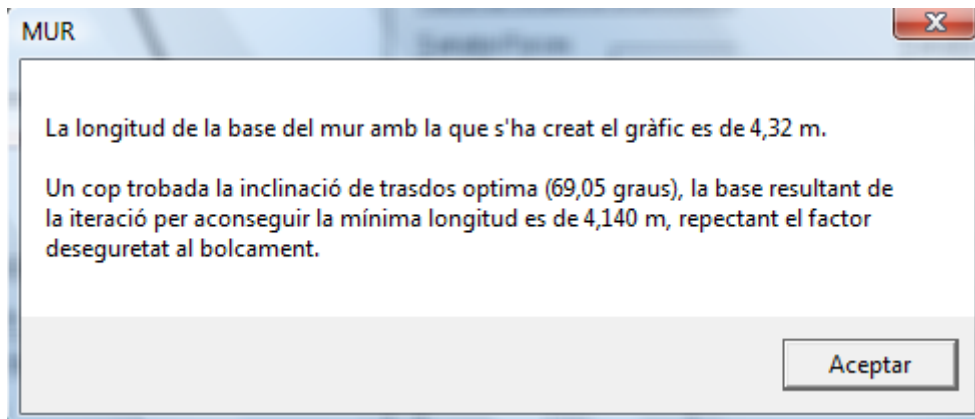
Simulataneament s'anirà creant una gràfica que permet veure l'evolució dels factors de seguretat mentre es varia la longitud del taló del mur. Les característiques i paràmetres de la gràfica estan predimensionades i no es poden modificar.

### Iteració per la mínima base del mur:

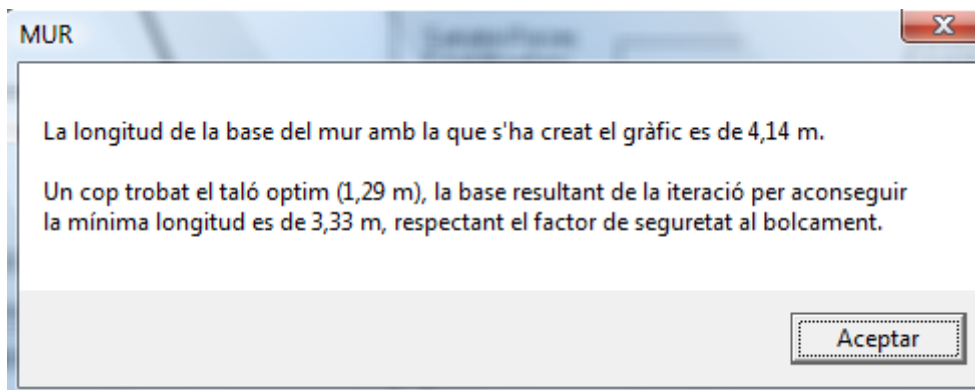
Al final de la creació de qualsevol dels dos gràfics, el programa escull l'angle de trasdos o la dimensió del taló, depenent de la gràfica que s'hagi creat, que provoqui el factor de seguretat al bolcament més favorable.

Havent triat aquesta dada automàticament es procedirà a calcular una iteració reduint la base del mur, fins trobar la dimensió més petita d'aquesta que compleixi el factor de seguretat al bolcament mínim.

Per la variable inclinació del trasdos, aquests valors es descriuen en un missatge que s'obrirà després de la iteració:



Per la variable Taló:



En el capítol **ALTRES FUNCIONS, MENÚ EINES** es descriu quins son per defecte i com modificar els factors de seguretat mínims exigibles.

## Geometria base del mur

La geometria del mur amb el que es crea qualsevol de les dues gràfiques descrites en l'apartat anterior, son dimensions proporcionals a l'alçada del terreny, la qual prèviament em introduït, junt amb totes les dades geotècniques, en el subformulari "CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS".

Aquestes equacions son:

$$h1 = H / 12$$

$$h2 = H - h1$$

$$c = H / 16$$

$$a = 0$$

on:

"H" es l'alçada del terreny.

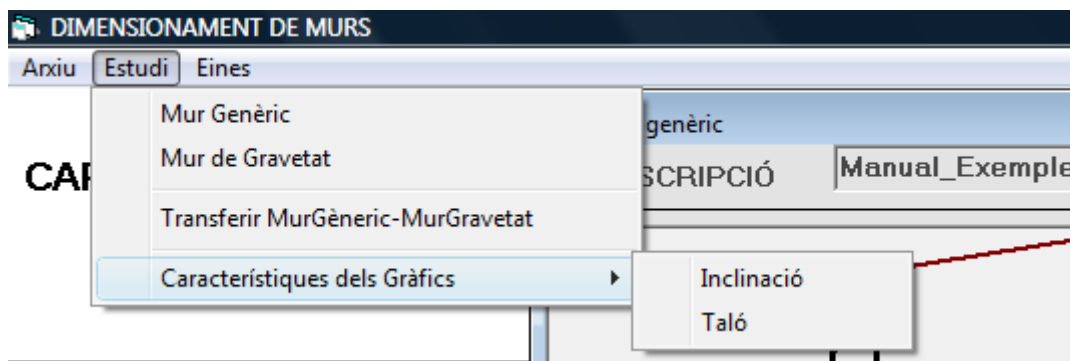
"h1" alçada de la fonamentació.

"h2" alçada sobre fonament fins la coronació.

"c" coronació del mur.

"a" urpa del mur, per la generació de gràfiques sempre serà zero.

Aquestes dades predeterminades, es poden modificar mitjançant el menú "Estudi" → "Característiques dels Gràfics" :





Tant si premem “Inclinació” om “Taló” s’obrirà un assistent on podrem modificar les dades corresponents al mur de cada tipus de gràfica independentment. Si volem que es tornin a definir les dades per defecte cal prémer el comandament “RESTAURAR”.

**Assistent per gràfic inclinació**

**Dades predeterminades de la geometria del mur**

Alçada del Mur (H) =

Alçada de fonamentació =  $\frac{H}{12}$

Longitud de la coronació =  $\frac{H}{16}$

**ACCEPTAR**

**RESTAURAR**

Introduïm el denominador de la nova fracció que volem dimensionar i premem “ACCEPTAR”.

L’assistent per gràfic Taló te el mateix format i funcionament:

**Assistent per gràfic Taló**

**Dades predeterminades de la geometria del mur**

Alçada del Mur, H =

Alçada de la fonamentació =  $\frac{H}{12}$

Longitud de la coronació =  $\frac{H}{16}$

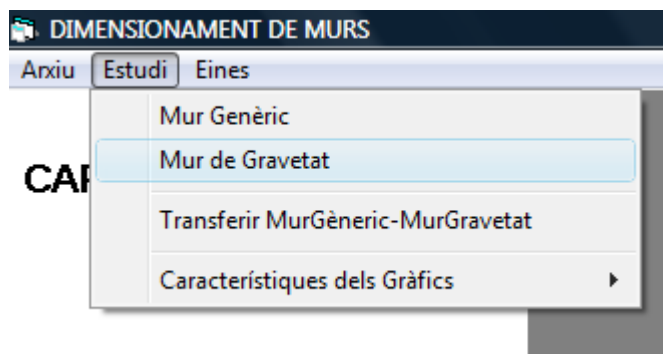
**ACCEPTAR**

**RESTAURAR**

## FORMULARI MUR GRAVETAT

### Executar i tancar

Per executar el formulari Mur Gravetat cal obrir l'apartat "Estudi" del menú del programa, dins d'aquest cal prémer "Mur Gravetat".



En qualsevol moment podem tancar el l'estudi Mur Gravetat mitjançant la "x" situada a la zona superior dreta del mateix formulari.

Si no em desat les dades prèviament, es perdrà tota la informació que en ell apareix.

### Descripció i càlcul bàsic

Les funcions bàsiques d'aquest formulari es el càlcul de factor de seguretat al bolcament i al lliscament de murs de contenció amb un perfil tipus mur gravetat, es a dir, que no existeix taló.

Ens permet fer el càlcul segons Coulomb, Rankine i Sistema Americà\*, una vegada introduïdes les dades que ens demana el programa, clicant sobre el comandament que descriu el sistema amb el volem que es calculi el factor de seguretat.

Cada indicador de factor de seguretat es un comandament **F.S.B.** o **F.S.LI.**, si el premem, s'inicia un procés de iteració de la base que busca la longitud mínima possible que compleixi amb el factor de seguretat predefinit, en el últim capítol d'aquest manual ( **ALTRES FUNCIONS, MENÚ EINES** ) es descriu els valors predefinitos com modificar-los.

També es mostren dades secundaries per el càlcul com son la raó del sumatori de moments en el cas de factor al bolcament i la raó de sumatori de forces en el lliscament.

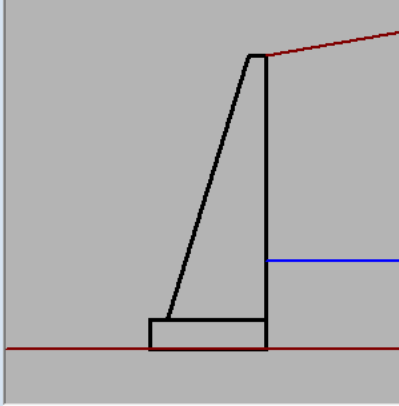
\* Amb aquest sistema no es podrà fer cap càlcul si el trasdos està en desplom

En cada sistema de càlcul s'indica el coeficient d'empenta expressat com "Ka Coulomb", "Ka Rankine" i "Ka Americà".

També es mostra l'angle de fregament implícit en el càlcul de Rankine.

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Manual\_Exemple



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/300

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat Inclinació quebrat 90  
Alçada quebrat 3,000

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasquet (Opcional)

Alçada total 10 Urpa 0,6  
Alçada superior 9,000 Coronació 0,6  
Alçada fonament 1  
Base 4 Inclinació Trasdos 90

CARREGAR DADES GRÀFIQUES

CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb 0,355

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 1.771,800  
Sumatori MDesestavilitzadors 931,510  
F.S.B. 1,902

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores 395,994  
Sumatori de Forces Destavilitzadores 477,957  
F.S.LI. 0,829

CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine 0,365 Delta Rankine 10,000

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 1.771,800  
Sumatori MDesestavilitzadors 1.607,025  
F.S.B. 1,103

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores 336,579  
Sumatori de Forces Destavilitzadores 530,936  
F.S.LI. 0,634

SISTEMA AMERICÀ

Ka Amèrica 0,390

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 1.771,800  
Sumatori MDesestavilitzadors 2.101,664  
F.S.B. 0,843

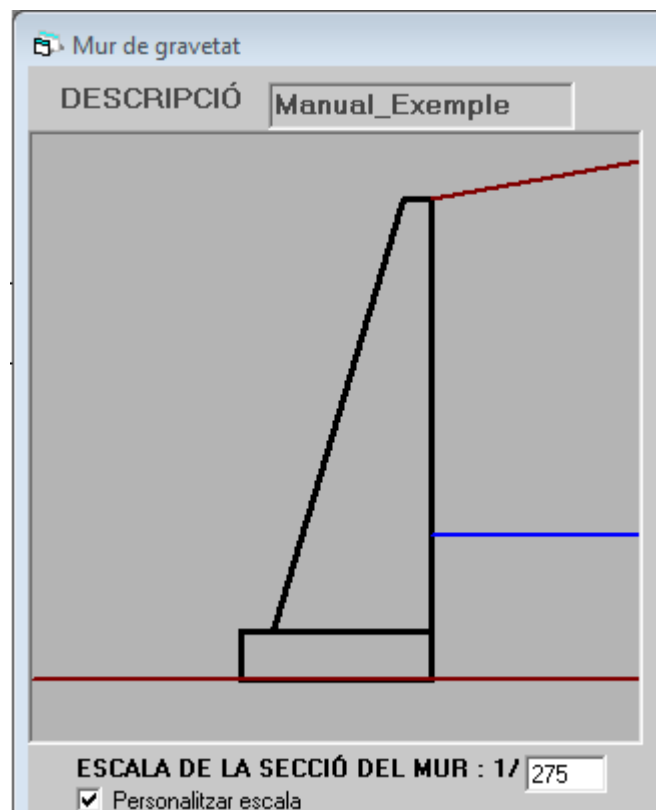
Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores 294,525  
Sumatori de Forces Destavilitzadores 573,030  
F.S.LI. 0,514

## Dibuix del mur

El perfil del mur es presenta dibuixat en una pantalla integrada en el formulari, el programa defineix una escala que s'adapta a les dimensions d'aquesta pantalla, si volem modificar la escala manualment cal activar la casella "Personalitzar escala".

Ens permetrà introduir manualment el valor d'aquesta en el apartat "ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR".



Per definir el perfil de mur cal introduir els paràmetres que ens demana en l'apartat "DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR".

La casella "Alçada total" es copia directament de "CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS" dades del qual s'han introduït prèviament.

La casella "Alçada Superior" es calcula directament una vegada introduïda totes les dades gràfiques i premem el comandament "CARREGAR DADES GRÀFIQUES".

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

---

**DESCRIPCIÓ** Manual\_Exemple

---

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m3

---

Densitat del Mur  KN/m3

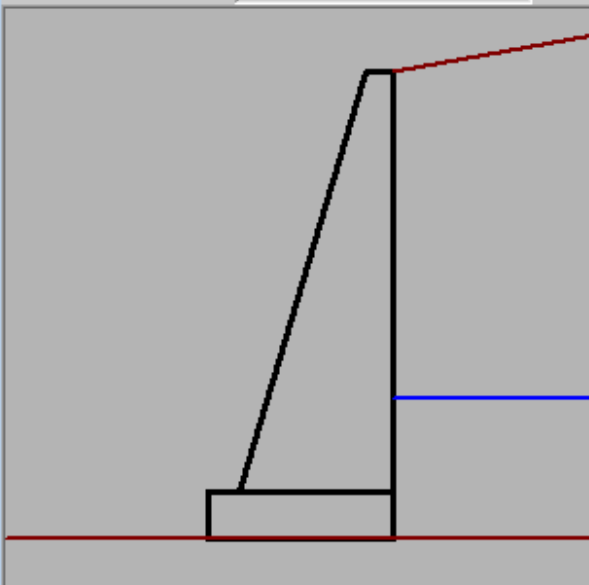
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Delta segons Potyondy

**Mur de gravetat**

**DESCRIPCIÓ** Manual\_Exemple



**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/**

☒ Personalitzar escala

☐ Trasdós quebrat      Inclinació quebrat   
    Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasplet (Opcional)

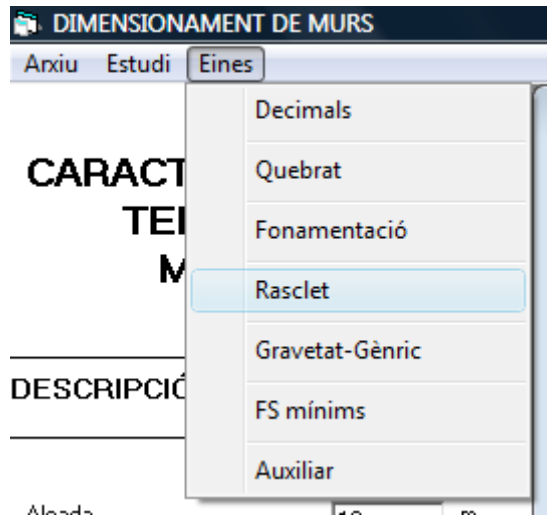
Alçada total	<input type="text" value="10"/>	Urpa	<input type="text" value="0,7"/>
Alçada superior	<input type="text" value="9,000"/>	Coronació	<input type="text" value="0,6"/>
Alçada fonament	<input type="text" value="1"/>		
Base	<input type="text" value="4"/>	Inclinació Trasdós	<input type="text" value="90"/>

**CARREGAR DADES GRÀFIQUES**

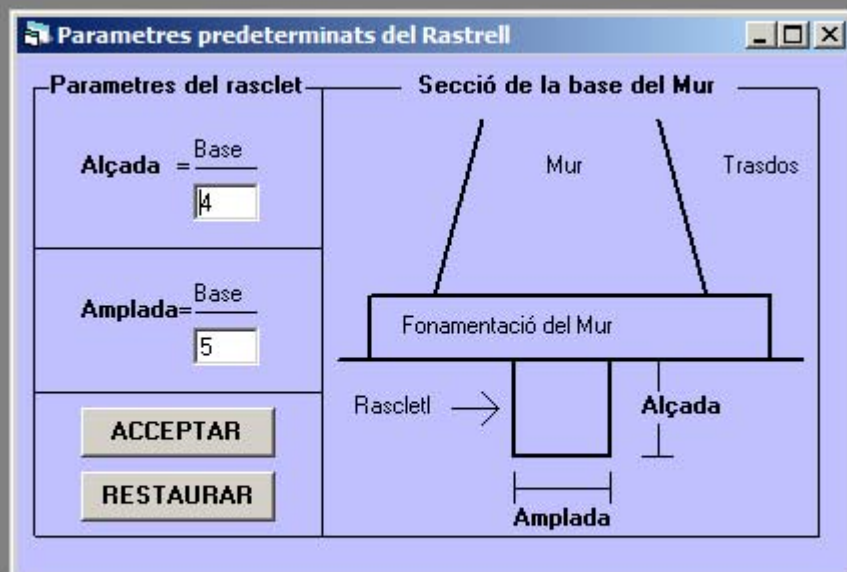
Les dades necessàries per realitzar el dibuix, com la profunditat del nivell freàtic i la inclinació del terreny en la coronació del mur, queden definides en el formulari "CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS".

## Rasclet

Aquest programa te la opció de millorar el factor de seguretat al lliscament afegint un rasclet a la secció del mur. Les dimensions d'aquest es defineixen per defecte com a proporció de la base del mur. Mitjançant el menú **Eines** premem la opció "Rasclet".



S'obrirà un subformulari on ens demana la raó de les dimensions del rasclet, si premem el comandament "RESTAURAR" apareix les dades predeterminades (Alçada = Base/4 i Amplada = Base/5). Per modificar-les cal introduir el valor que desitgem i premem el comandament "ACCEPTAR".



Una vegada definides les dimensions, cal prémer la casella “Rasclet (Opcional)” en el apartat “DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR”, en el moment de prémer el comandament de qualsevol tipus de càlcul o el de carregar dades gràfiques es dibuixarà el rasclet definit sempre que la casella corresponent estigui activada.

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Manual\_Exemple

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 275

☒ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat      Inclinió quebrat 90  
 Alçada quebrat 3,000

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

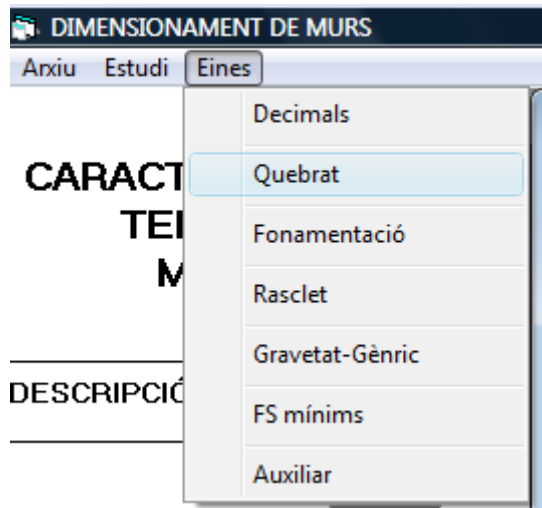
☒ Rasclet (Opcional)

Alçada total 10      Urpa 0,7  
 Alçada superior 9,000      Coronació 0,6  
 Alçada fonament 1  
 Base 4      Inclinió Trasdos 90

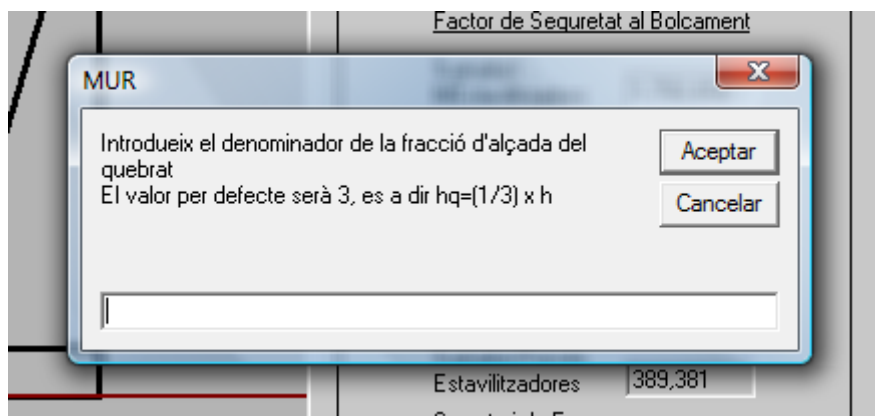
**CARREGAR DADES GRÀFIQUES**

## Trasdos quebrat

El formulari Mur Gravetat ens permet la opció de definir uns trasdos quebrat. Les dimensions d'aquest es defineixen per defecte com a proporció de la  $h^2$  (diferència de alçada total i alçada fonamentació). Mitjançant el menú Eines premem la opció "Quebrat".

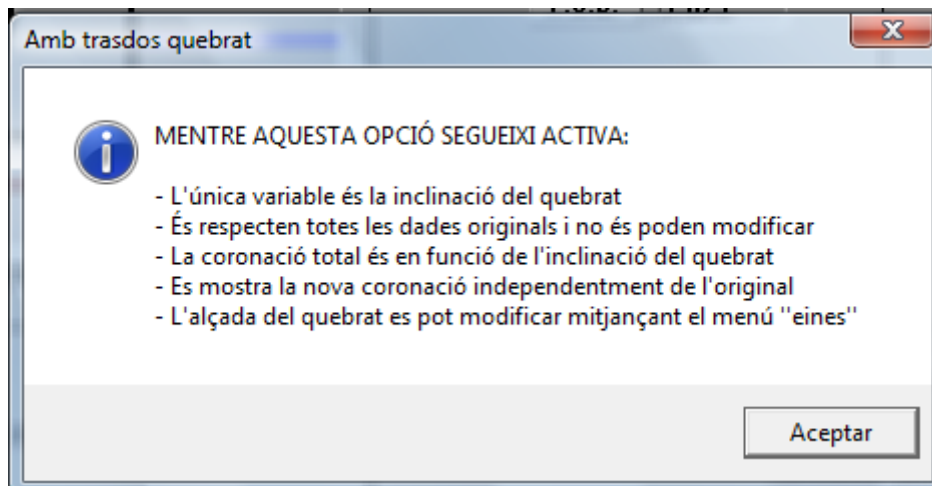


S'obrirà un inputbox amb un missatge que ens informa de l'alçada del quebrat del mur. Per modificar la dada predeterminada cal introduir el valor que desitgem i premem el comandament "ACCEPTAR".





Una vegada definida l'alçada, cal prémer la casella "Trasdos Quebrat", apareix el un missatge informant de les opcions que ens permet realitzar mentre la casella segueixi activada.

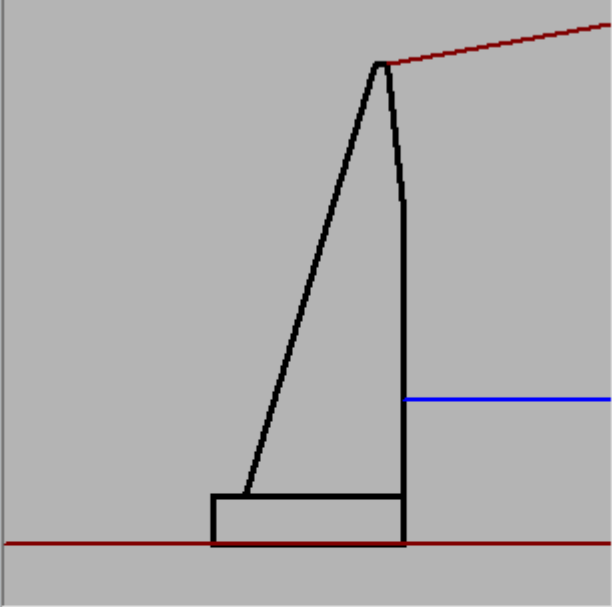


prem acceptar i introduïm l'angle en que volem que es formi el trasdos quebrat

En el moment de prémer el comandament de qualsevol tipus de càlcul o el de carregar dades gràfiques es dibuixarà el perfil de mur amb el trasdos quebrat que s'ha definit sempre que la casella corresponent estigui activada.

**Mur de gravetat**

DESCRIPCIÓ **Manual\_Exemple**



**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/**

☒ Personalitzar escala

☒ Trasdos quebrat

Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasplet (Opcional)

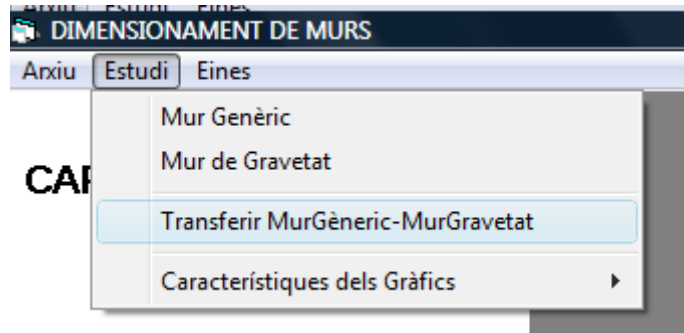
Alçada total	<input type="text" value="10"/>	Urpa	<input type="text" value="0,7"/>
Alçada superior	<input type="text" value="9,000"/>	Coronació	<input type="text" value="0,6"/>
Alçada fonament	<input type="text" value="1"/>	Coronació Total	<input type="text" value="0,232"/>
Base	<input type="text" value="4"/>	Inclinació Trasdos	<input type="text" value="90"/>

**CARREGAR DADES GRÀFIQUES**

## ALTRES FUNCIONS, MENÚ EINES

### Transferència de dades “Mur Genèric/Mur Gravetat”

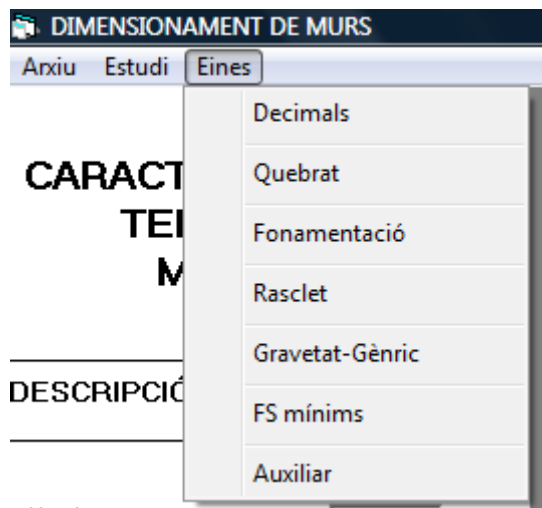
Dins el menú del programa, en l'apartat “Estudi”, es descriu la activitat “Transferir Mur Genèric- Mur gravetat”



aquesta opció ens permet transferir les característiques del perfil de mur del formulari Mur Genèric al formulari Mur gravetat, sempre i quant la tipologia sigui de gravetat, es adir, que te taló. Això permet seguir l'estudi del mur òptim en el cas en que la solució sigui tipus gravetat, i d'aquesta manera poder estudiar els resultats amb el trasdos quebrat.

### Menú Eines

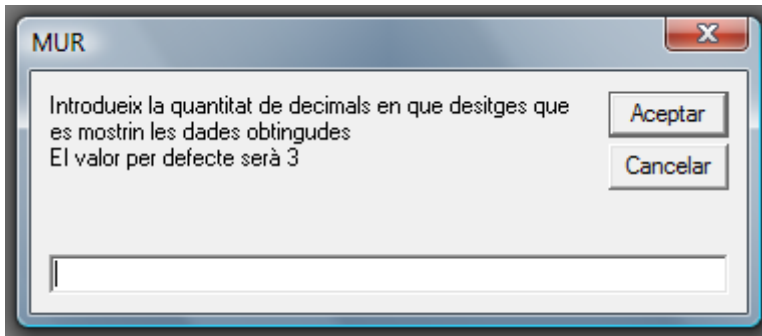
Dins el menú del programa hi ha l'apartat “Eines”



Les diferents activitats que ens permet obrir aquest submenú es descriuen a continuació.

### Decimals

Ens permet triar la quantitat de decimals amb els es mostraran tots els resultats que dona el programa.



Cal introduir el valor que volem en el inputbox i prémer el comandament "Aceptar".

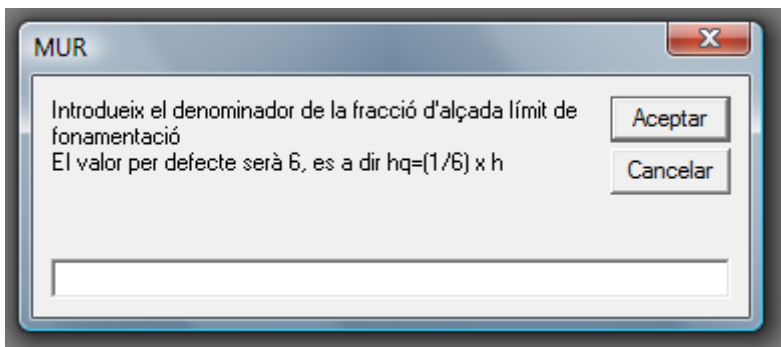
### Quebrat

Aquesta activitat es descriu en el capítol,

**FORMULARI MUR GRAVETAT** → **Trasdos quebrat**

### Fonamentació

El programa limita la alçada de la fonamentació per que els càlculs siguin fiables, aquesta opció permet modificar el valor límit.



Cal introduir el valor de la fracció proporcional a la alçada del mur que volem en el inputbox i prémer el comandament "Aceptar".

## Rasclet

Aquesta activitat es descriu en el capítols,

**FORMULARI MUR GENÈRIC** → Rasclet

i

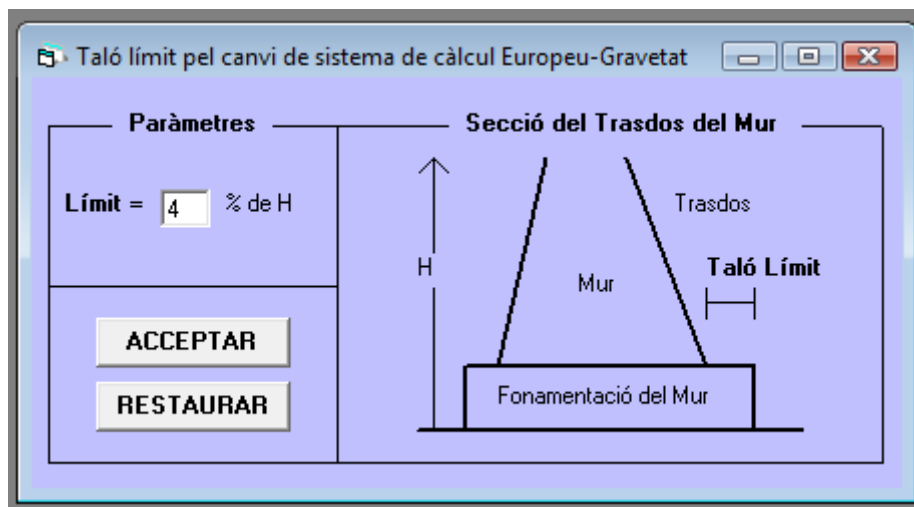
**FORMULARI MUR GRAVETAT** → Rasclet

## Gravetat-Genèric

El formulari de Mur Genèric calcula els factors de seguretat amb el sistema Europeu quant existeix taló, i sistema mur Gravetat quant la longitud del taló es molt petita o nula.

Aquest subformulari permet canviar la longitud límit on es produeix en canvi de sistema de càlcul.

Si volem que es tornin a definir les dada per defecte cal prémer el comandament “RESTAURAR”.



Introduïm el percentatge que desitgem i premem “ACCEPTAR”.

## FS mínims

Aquest programa calcula en base a uns factors de seguretat mínims definits per defecte. Es pot modificar amb el assistent FS mínims.

Factors de seguretat mínims

FS al Bolcament =  $\frac{\text{Sumatori de Moments Estabilitzadors}}{\text{Sumatori de Moments Desestabilitzadors}}$  = > 2

FS al Lliscament =  $\frac{\text{Sumatori de Forces Estabilitzadores}}{\text{Sumatori de Forces Desestabilitzadores}}$  = > 1.5

ACCEPTAR

RESTAURAR

Introduïm els valors que desitgem i premem “ACCEPTAR”.

## **FIABILITAT DEL PROGRAMA DIMUR**

---

**PRIMERA PART:           Exercicis aleatoris**

**SEGONA PART:           Exàmens de la carrera durant el període  
del 2001 al 2005**

**PRIMERA PART:            Exercicis aleatoris**



## **Exercici 8-01-01**

**Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur amb taló de 1,5m amb el trasdos inclinat  $100^\circ$  respecte l'horitzontal, que conté un terreny de 8m d'alçada amb nivell freàtic de 6m de potencia i càrrega superior.**

**Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema europeu amb les empentes segons Coulomb i segons Rankine, també es demana amb el sistema Americà.**

**S'estudiarà el factor de seguretat al lliscament si s'afegeix un rasclet a la secció del mur.**

# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

## DESCRIPCIÓ Exercici 80101

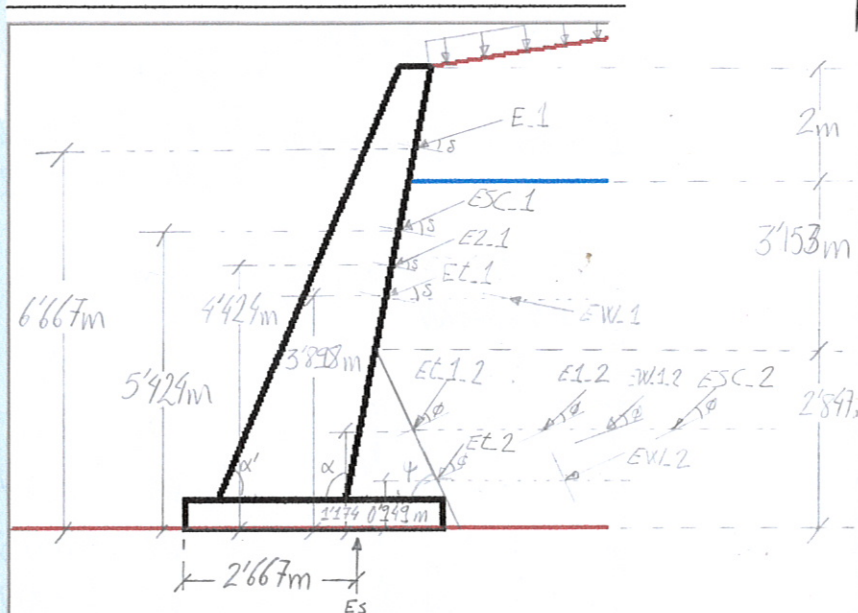
Alçada	8	m
Angle de fregament intern	30	°
Inclinació del Terreny	10	°
Càrrega superior	10	KN/m
Nivell freatic des de coronació	2	m
Densitat natural del Terrey	27	KN/m3

Densitat del Mur	30	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	27	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	30	°

Mur generic

DESCRIPCIÓ

Exercici 80101



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/200

Personalitzar escala

## DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

Rastrell (Opcional)

Alçada total	8,000	Urpa	0,5
Alçada superior	7,500	Taló	1,5
Alçada cimentació	0,5	Coronació	0,5
Base	4	Inclinació Trasdos	100

$$x_0 = \frac{54.839}{4} \cdot \frac{\pi}{2} + \beta - \alpha_0 = 65.161^\circ$$

$$\alpha' = \frac{A_0}{\frac{1}{15} + \frac{7.5}{4 \cdot 100} - (4 - 15 - 15)} = 69.377^\circ; \quad b_{x'} = \frac{7.5}{\tan \alpha'} = 2.8224m; \quad b_x = \frac{7.5}{\tan \alpha} = 1.322m$$

$$b_{2\phi} = \frac{1.5}{1 - \frac{2.74}{4 \cdot \alpha}} = 1.022m; \quad b_{2\alpha} = 15 - 1.022 = 14.138; \quad h_2 = h_{2P} = 1.0862 \cdot \frac{4}{5} = 2.347m; \quad h_{1P} = h_1 - h_2 = 5.153m$$

COULOMB

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{1}{2} \cdot 27 \cdot 2^2 \cdot K_{a-1} = 13.950 & E_{1h-1} &= E_1 \cdot \cos \phi_1 = 13.341 \text{ kN} \\ E_{1v-1} &= E_1 \cdot \sin \phi_1 = 4.079 \text{ kN} \\ E_{2-1} &= \frac{1}{2} (27 - 18) \cdot 3.153^2 \cdot K_{a-1} = 22.027 & E_{2h-1} &= E_{2-1} \cdot \cos \phi_1 = 21.122 \text{ kN} \\ E_{2v-1} &= E_{2-1} \cdot \sin \phi_1 = 6.458 \text{ kN} \\ E_{SC-1} &= 9 \cdot 5.153 \cdot \frac{\sin 100^\circ}{\sin (100^\circ + 10^\circ)} \cdot K_{a-1} = 13.951 & E_{SC h-1} &= E_{SC-1} \cdot \cos \phi_1 = 13.342 \text{ kN} \\ E_{SC v-1} &= E_{SC-1} \cdot \sin \phi_1 = 4.079 \text{ kN} \\ E_{W-1} &= \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 3.153^2 = 48.713 & E_{W h-1} &= E_{W-1} \cdot \cos (10 - \alpha) = 47.972 \text{ kN} \\ E_{W v-1} &= E_{W-1} \cdot \sin (10 - \alpha) = -8.459 \text{ kN} \\ E_{2-2} &= \frac{1}{2} (27 - 18) \cdot 2.847^2 \cdot K_{a-2} = 18.744 & E_{2h-2} &= E_{2-2} \cdot \cos \phi_2 = 28.070 \text{ kN} \\ E_{2v-2} &= E_{2-2} \cdot \sin \phi_2 = 31.250 \text{ kN} \\ E_{2-1} &= 27 \cdot 2 \cdot 3.153 \cdot \frac{\sin 100^\circ}{\sin (10^\circ + 10^\circ)} \cdot K_{a-1} = 46.097 & E_{2h-1} &= E_{2-1} \cdot \cos \phi_1 = 44.083 \text{ kN} \\ E_{2v-1} &= E_{2-1} \cdot \sin \phi_1 = 13.478 \text{ kN} \end{aligned}$$

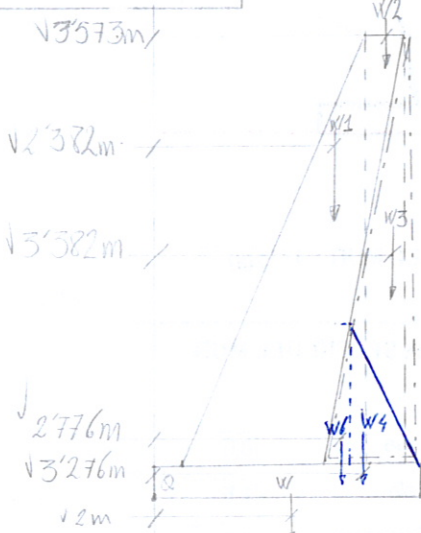
$$\Rightarrow E_{1-2} = 27.2 \cdot 2847 \cdot \frac{\sin 65'161^\circ}{\sin(65'161^\circ + 10^\circ)} \cdot K_{a-2} = 100'925$$

$$EW_2 = \frac{1}{2} 18 \cdot 284^2 = 59717 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \triangleright E_{W-1.2} &= 98 \cdot 3'153 \cdot 2'847 \cdot \frac{\sin 65'161^\circ}{\sin (65'161^\circ + 10^\circ)} \quad \text{a } K_{a-2} = 57'750 \left\{ \begin{aligned} \cdot E_{Wk-1.2} &= E_{W-1.2} \cdot \cos 62^\circ = 33'257 \text{ kN} \downarrow \\ \cdot E_{Wv-1.2} &= E_{W-1.2} \cdot \sin 62^\circ = 47'213 \text{ kN} \downarrow \end{aligned} \right. \\ \triangleright E_5 &= \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot (8-2) \cdot 4 = 1176 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow E_5 = \frac{1}{2} \cdot 9.8 \cdot (8-2) \cdot 4 = 117.6 \text{ kN}$$

## FORCES DEL MUR



$$W_1 = 4 \cdot 15 \cdot 30 = 60 \text{ kN}$$

$$W1 = 2822 \cdot 7\frac{5}{2} \cdot 30 = 317'475 \text{ KUV}$$

$$W_2 = 75 \cdot 0.5 \cdot 30 = 112.5 \text{ kN}$$

$$W_3 = -\frac{1}{2} \cdot 1322,75 \cdot 30 = -19841,25 \text{ KNm}$$

$$W_4 = 10862 \cdot 2^{347/2} \cdot 27 = 39'416 \text{ Kuv}$$

$$W_6 = 0.9138 \cdot \frac{2.347}{2} \cdot 27 = 13.112 \text{ kN} \checkmark$$

## FACTORS DE SEGRETAG

$$= \frac{924'472}{134'898} = 6'853 \checkmark$$

$$+ 82' 163.3573 + 16' 71.352 + 4212.3573 \quad (Es. 8/3) \quad 134' 898$$

$$\begin{array}{r} 336'762 \\ \hline 364'48 \end{array} = \underline{\underline{0'924}} \checkmark$$

FACTOR DE SECURITAT AL GLISCIAMENT ATRIB RASTRELL = Base/5

$$K_p = L_{\downarrow}^2 (45 + \frac{0}{2}) = 3$$

$$K_p = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{b}{s}\right)^2 \cdot (27.98) = 16512 \text{ kN/m} \Rightarrow F_{ph} = F_p \cdot \cos 5 = 14712 \text{ kN} \Rightarrow \underline{\underline{F_{SL} = \frac{336762 + E_{ph}}{36448} = 0.964}}$$



# RANKINE

$$\alpha_0 = 54'839'' \approx 4 = \frac{\pi}{2} + \phi - \alpha_0 = 65'161''$$

$$X_{i-1} = \alpha - \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 94'839'' \approx S_{RANKINE-1} = -9'411''; K_{a-1} = 1'34823$$

$$X_{i-2} = 4 - \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 60'' \approx S_{RANKINE-2} = 30''; K_{a-2} = 1'58669$$

$$\sigma_1 = S_{R1} + (90 - \alpha) = -19'411''; \sigma_2 = S_{R2} + (90 - \gamma) = 54'839''$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot 27 \cdot 2^2 \cdot K_{a-1} = 18'805 \left\{ \begin{array}{l} E_{1h} = E_1 \cdot \cos \sigma_1 = 17'736 \text{ KNV} \\ E_{1v} = E_1 \cdot \sin \sigma_1 = -6'250 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{2-1} = 27 \cdot 2 \cdot 3'153 \cdot \frac{\sin(100'')}{\sin(100' + 0'')} \cdot K_{a-1} = 62'138 \left\{ \begin{array}{l} E_{2h-1} = E_{2-1} \cdot \cos \sigma_1 = 58'606 \text{ KNV} \\ E_{2v-1} = E_{2-1} \cdot \sin \sigma_1 = -20'651 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{t-1} = \frac{1}{2} (27 - 9'8) \cdot 3'153^2 \cdot K_{a-1} = 29'773 \left\{ \begin{array}{l} E_{th-1} = E_{t-1} \cdot \cos \sigma_1 = 28'080 \text{ KNV} \\ E_{tv-1} = E_{t-1} \cdot \sin \sigma_1 = -9'895 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{SC-1} = 9 \cdot 3'153 \cdot \frac{\sin 100''}{\sin(100' + 10'')} \cdot K_{a-1} = 18'806 \left\{ \begin{array}{l} E_{Sch-1} = E_{SC-1} \cdot \cos \sigma_1 = 17'737 \text{ KNV} \\ E_{SCv-1} = E_{SC-1} \cdot \sin \sigma_1 = -6'250 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{W-1} = \frac{1}{2} \cdot 9'8 \cdot 3'153^2 = 48'713 \approx \left\{ \begin{array}{l} E_{Wh-1} = E_{W-1} \cdot \cos(90 - \alpha) = 47'772 \text{ KNV} \\ E_{Wv-1} = E_{W-1} \cdot \sin(90 - \alpha) = -8'459 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{t-2} = \frac{1}{2} (27 - 9'8) \cdot 2'847^2 \cdot K_{a-2} = 40'216 \left\{ \begin{array}{l} E_{th-2} = E_{t-2} \cdot \cos \sigma_2 = 25'551 \text{ KNV} \\ E_{tv-2} = E_{t-2} \cdot \sin \sigma_2 = 33'434 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{1-2} = 27 \cdot 2 \cdot 2'847 \cdot \frac{\sin(65'161'')}{\sin(65'161'' + 10'')} \cdot K_{a-2} = 84'677 \left\{ \begin{array}{l} E_{h-1-2} = E_{1-2} \cdot \cos \sigma_2 = 48'764 \text{ KNV} \\ E_{v-1-2} = E_{1-2} \cdot \sin \sigma_2 = 69'227 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{SC-2} = 9 \cdot 2'847 \cdot \frac{\sin(65'161'')}{\sin(65'161'' + 10'')} \cdot K_{a-2} = 15'681 \left\{ \begin{array}{l} E_{Sch-2} = E_{SC-2} \cdot \cos \sigma_2 = 9'030 \text{ KNV} \\ E_{SCv-2} = E_{SC-2} \cdot \sin \sigma_2 = 12'820 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{t-1-2} = (27 - 9'8) \cdot 3'153 \cdot 2'847 \cdot \frac{\sin(65'161'')}{\sin(65'161'' + 10'')} \cdot K_{a-2} = 85'090 \left\{ \begin{array}{l} E_{th-1-2} = E_{t-1-2} \cdot \cos \sigma_2 = 48'373 \text{ KNV} \\ E_{tv-1-2} = E_{t-1-2} \cdot \sin \sigma_2 = 61'524 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{W-2} = \frac{1}{2} \cdot 9'8 \cdot 2'847^2 \cdot K_{a-2} = 25'301 \left\{ \begin{array}{l} E_{Wh-2} = E_{W-2} \cdot \cos(90 - \gamma) = 21'146 \text{ KNV} \\ E_{Wv-2} = E_{W-2} \cdot \sin(90 - \gamma) = 9'787 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_{W-1-2} = 5'8 \cdot 3'153 \cdot 2'847 \cdot \frac{\sin(65'161'')}{\sin(65'161'' + 10'')} \cdot K_{a-2} = 48'453 \left\{ \begin{array}{l} E_{Wh-1-2} = E_{W-1-2} \cdot \cos \sigma_2 = 27'903 \text{ KNV} \\ E_{Wv-1-2} = E_{W-1-2} \cdot \sin \sigma_2 = 39'612 \text{ KNV} \end{array} \right.$$

$$E_s = \frac{1}{2} \cdot 9'8 \cdot (8 - 2) \cdot 4 = 117'6 \text{ KN}$$

## FACTORS DE SEGURETAT

$$FSB = \frac{60 \cdot 2 + 317'526 \cdot (1'382 + 125 \cdot 3'572 + (-148'776 \cdot 3'372) + 34'911 \cdot 3'276 + 15'108 \cdot 2'776)}{17'736 \cdot 6667 + 58'613 \cdot 4423 + 28'087 \cdot 3'838 + 17'738 \cdot 5423 + 47'76 \cdot 3'838 + 25'555 \cdot 1'199 + 48'757 \cdot 1'423 + 1021 \cdot 1'423 + 10'72 \cdot 1'423 + 36'68 \cdot 1'199 + 27'103 \cdot 1'423 - (125 \cdot 3'587 + 10'654 \cdot 3'192 + 9'817 \cdot 3'019 + 6'251 \cdot 3'368 + 8'461 \cdot 3'019 + 33'425 \cdot 3'732 + 6'217 \cdot 3'573 + 12'818 \cdot 3'573 + 15'523 \cdot 3'573 + 10'18 \cdot 3'106)} = \frac{924'155}{625'217} = 1'478$$

$$FSL = \frac{[60 + 317'526 + 1125 - 148'776 + 34'911 + 15'108 + 33'425 + 6'217 + 12'818 + 15'523 + 16'679 + 39'612 - E_s] \cdot 4 \cdot 30''}{17'736 + 58'613 + 28'087 + 17'738 + 47'76 + 23'595 + 48'757 + 1021 + 18'972 + 36'68 + 27'103} = \frac{295'859}{364'397} = 0'812$$

$$FSL = \frac{[60 + 317'526 + 1125 - 148'776 + 34'911 + 15'108 + 33'425 + 6'217 + 12'818 + 15'523 + 16'679 + 39'612 - E_s] \cdot 4 \cdot 30''}{17'736 + 58'613 + 28'087 + 17'738 + 47'76 + 23'595 + 48'757 + 1021 + 18'972 + 36'68 + 27'103} = \frac{295'859}{364'397} = 0'812$$

## FACTOR DE SEGURETAT AL LISCAMENT AMB RANKINE

$$K_p = \left( \frac{1}{2} (45 + \frac{1}{2}) \right) = 3$$

$$E_p = E_{ph} = \frac{1}{2} (27 - 9'8) \cdot \left( \frac{1}{5} \right)^2 \cdot K_p = 16'512 \text{ KN} \Rightarrow FSL = \frac{295'859 + E_{hp}}{364'397} = 0'857$$

# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Exercici 80101

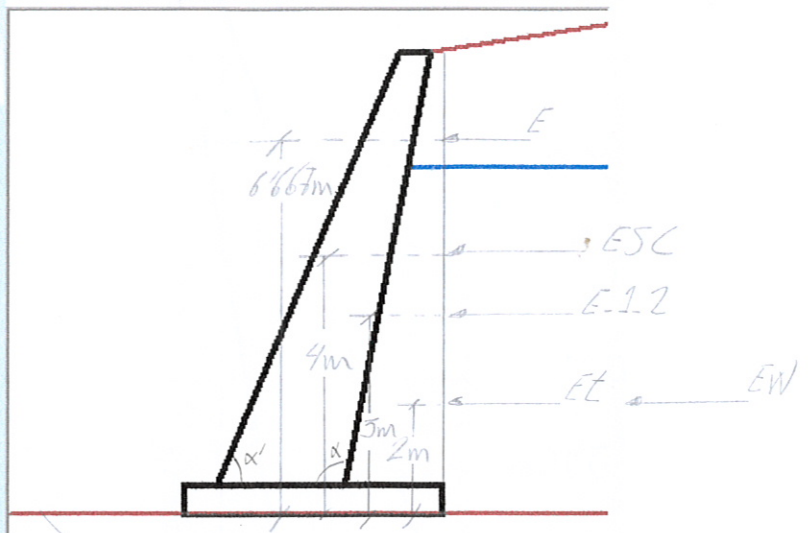
Alçada	8	m
Angle de fregament intern	30	°
Inclinació del Terreny	10	°
Càrrega superior	10	KN/m
Nivell freatic des de coronació	2	m
Densitat natural del Terrey	27	KN/m3

Densitat del Mur	30	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	27	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	38	°

Mur generic

DESCRIPCIÓ

Exercici 80101



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/200

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rastrell (Opcional)

Alçada total	8,000	Urpa	0,5
Alçada superior	7,500	Taló	1,5
Alçada cimentació	0,5	Coronació	0,5
Base	4	Inclinació Trasdos	100

AMERICA

$$K_a C(\phi, \beta, \alpha, 90^\circ, S=0) = 1374$$

PRIMARIES

$$h_1 = H - c = 7.5 \text{ m}$$

$$\alpha' = \arctan\left(\frac{h_1}{c + \frac{h_1}{\tan \alpha}} - (b - b_2 - b_3)\right) = 69.377^\circ$$

$$b_{\alpha'} = \frac{h_1}{\tan \alpha'} = 2.823 \text{ m}$$

$$h_2 = h_1 = 7.5 \text{ m}$$

$$h_P = h_1 - h_2 = 7.5 \text{ m}$$

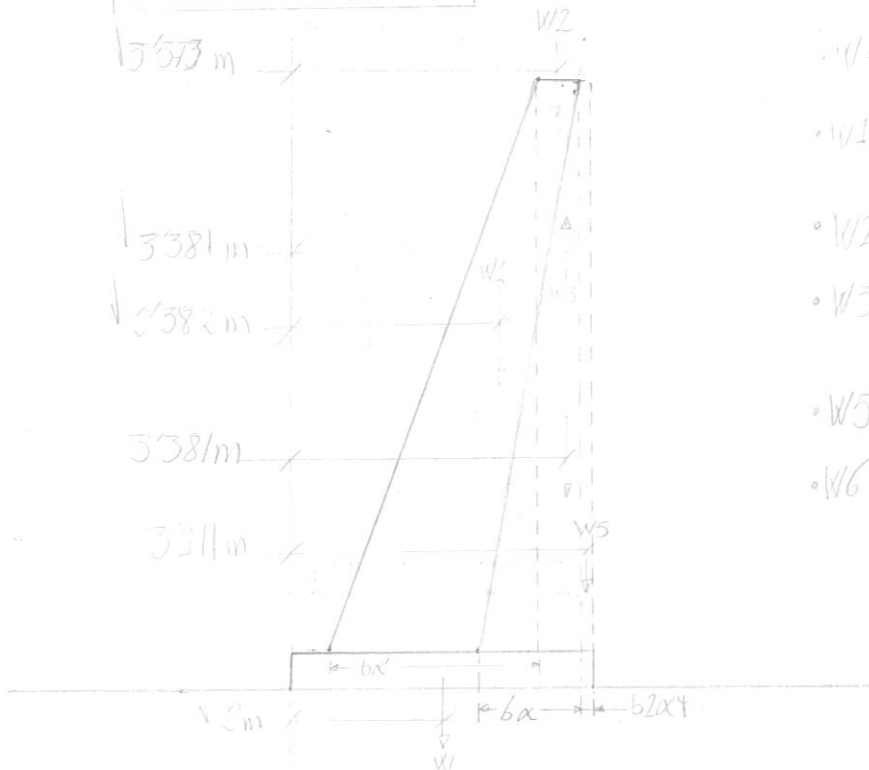
$$b_{\alpha} = \frac{h_1}{\tan \alpha} = 1.322 \text{ m}$$

$$b_{24} = 0$$

$$b_{2\alpha} = \frac{(h_2 / \tan \alpha)}{\tan \alpha} = 1.322 \text{ m}$$

$$b_{2\alpha 4} = b_2 - b_{2\alpha} - b_{24} = 1.5 - 1.322 = 0.178$$

### FORCES + DISTANCIES MUR



$$W1 = 4 \cdot 0.5 \cdot 30 = 60 \text{ KN} \downarrow$$

$$W1 = \frac{7.5}{2} \cdot \frac{7.5}{2} \cdot 30 = 517.531 \text{ KN} \downarrow$$

$$W2 = 7.5 \cdot 0.5 \cdot 30 = 112.5 \text{ KN} \downarrow$$

$$W3 = -\frac{7.5}{2} \cdot \frac{7.5}{2} \cdot 30 = -148.776 \text{ KN} \downarrow$$

$$W5 = 7.5 \cdot 1.175 \cdot 27 = 35.925 \text{ KN}$$

$$W6 = \frac{7.5}{2} \cdot \frac{7.5}{2} \cdot 27 = 133.838 \text{ KN}$$

### FACTORS DE SECURETAT

$$FSV = \frac{0.2 \cdot 517.526 \cdot 2.382 + 112.5 \cdot 3.371 - 148.776 \cdot 3.372 + 35.953 \cdot 3.311 + 133.838 \cdot 3.382}{20.171 \cdot 0.667 + 115.691 \cdot 2 + 121.072 \cdot 3 + 29.894 \cdot 4 + 176.4 \cdot 2 + 117.6 \cdot 3 \cdot 4}$$

$$= \frac{1368.492}{1515.107} = 0.903 \downarrow$$

$$FSL = \frac{(60 + 517.526 + 112.5 + (-148.776) + 35.953 + 133.838 - 117.6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 30}{20.171 + 115.691 + 121.072 + 29.894 + 176.4} = \frac{227.194}{463.235} = 0.490 \downarrow$$

### ANALISI DE RETAT LLISCAMENT AMB CASTRELL

$$K_p = \frac{1}{2} \cdot (45 \cdot \frac{1}{2}) = 3$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot (\frac{b}{3})^2 \cdot (27 - 28) \cdot K_p = 16.512 \text{ KN}$$

$$E_{ph} = E_p \cdot 60(2) = 14.712 \text{ KN}$$

$$FSL = \frac{227.194 + E_{ph}}{463.235} = 0.522 \downarrow$$

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur genèric sense rasclat

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

#### DESCRIPCIÓ

Exercici 80101

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

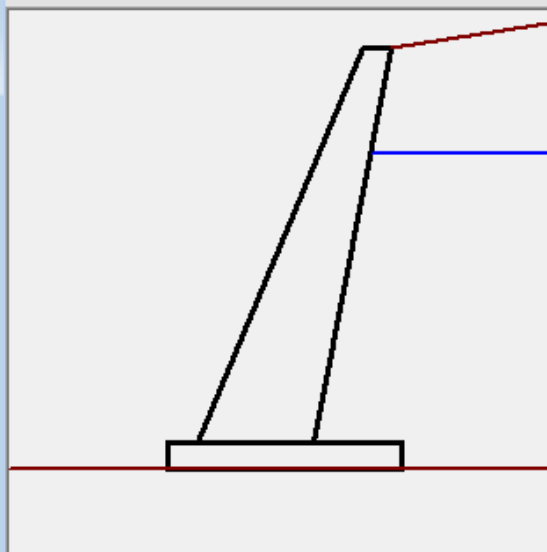
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

#### Mur genèric

##### DESCRIPCIÓ

Exercici 80101



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

##### DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total	<input type="text" value="8"/>	Urpa	<input type="text" value="0,5"/>
Alçada superior	<input type="text" value="7,5"/>	Taló	<input type="text" value="1,5"/>
Alçada fonamentació	<input type="text" value="0,5"/>	Coronació	<input type="text" value="0,5"/>
Base	<input type="text" value="4"/>	Inclinació Trasdós	<input type="text" value="100"/>

#### CALCULAR SEGONS COULOMB

##### Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

F.S.B.

##### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Desestabilitzadores

F.S.LI.

#### CALCULAR SEGONS RANKINE

##### Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

F.S.B.

##### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Desestabilitzadores

F.S.LI.

#### SISTEMA AMERICÀ

Ka Amèrica

##### Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

F.S.B.

##### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Desestabilitzadores

F.S.LI.



## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur genèric amb rasclet

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Exercici 80101

Alçada	8	m	
Angle de fregament intern	30	°	
Inclinació del Terreny	10	°	
Càrrega superior	10	KN/m	
Nivell freàtic des de coronació	2	m	
Densitat natural del Terreny	27	KN/m <sup>3</sup>	
Densitat del Mur	30	KN/m <sup>3</sup>	
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	27	°	
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	30	°	

Mur genèric
Exercici 80101

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/
200

☐ Personalitzar escala

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☒ Rasclet (Opcional)

Alçada total	8	Urpa	0,5
Alçada superior	7,5	Taló	1,5
Alçada fonamentació	0,5	Coronació	0,5
Base	4	Inclinació Trasdos	100

**CALCULAR SEGONS COULOMB**

**CALCULAR SEGONS RANKINE**

**SISTEMA AMERICÀ**

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors	924,137		
Sumatori MDesestabilitzadors	135,012		
<b>F.S.B.</b>	<b>6,845</b>		

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores	351,674		
Sumatori de Forces Desestabilitzadores	364,479		
<b>F.S.LI.</b>	<b>0,965</b>		

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors	924,137		
Sumatori MDesestabilitzadors	625,313		
<b>F.S.B.</b>	<b>1,478</b>		

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores	312,371		
Sumatori de Forces Desestabilitzadores	364,398		
<b>F.S.LI.</b>	<b>0,857</b>		

Factor de Seguretat al Volcament

Ka Americà 0,374

Sumatori MEstabilitzadors	1.368,443		
Sumatori MDesestabilitzadors	1.515,100		
<b>F.S.B.</b>	<b>0,903</b>		

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores	241,901		
Sumatori de Forces Desestabilitzadores	463,236		
<b>F.S.LI.</b>	<b>0,522</b>		



### **Exercici 8-03-03 (terreny 1)**

Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur amb taló de 2m amb el trasdos inclinat  $80^\circ$  respecte l'horitzontal, que conté un terreny de 10,5m d'alçada amb nivell freàtic de 4,5m de potencia i càrrega superior.

Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema europeu amb les empentes segons Coulomb i segons Rankine, també es demana amb el sistema Americà.

S'estudiarà el factor de seguretat al lliscament si s'afegeix un rasclet a la secció del mur.

# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ

Exercici 80303

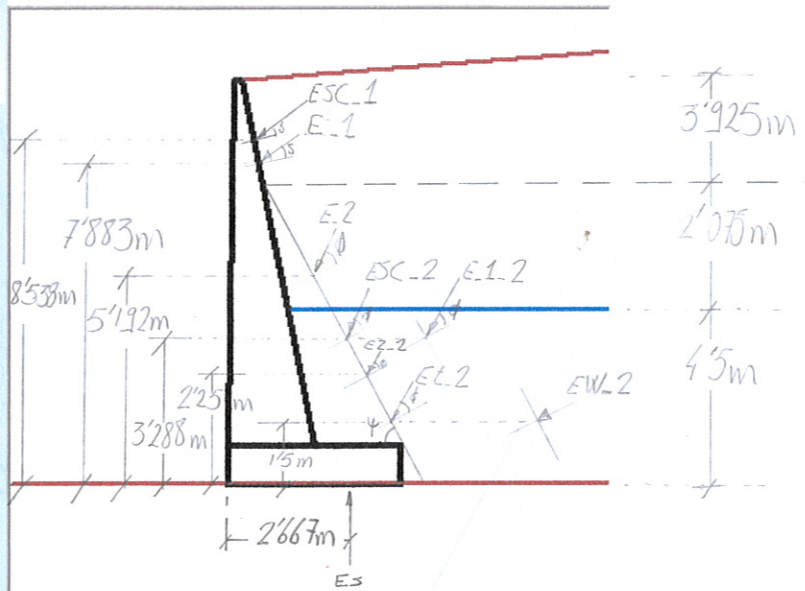
Alçada	10,5	m
Angle de fregament intern	28	°
Inclinació del Terreny	5	°
Càrrega superior	5	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	6	m
Densitat natural del Terrey	23	KN/m3

Densitat del Mur	30	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	Rankine	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	28	°

Mur generic

DESCRIPCIÓ

Exercici 80303



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/300

Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

Rastrell (Opcional)

Alçada total	10,5	Urpa	0
Alçada superior	9,500	Taló	2
Alçada cimentació	1	Coronació	0,2
Base	4	Inclinació Trasdos	80

$$\alpha_0 = 56'15'' \sim \gamma = \frac{\pi}{2} - \phi - \alpha_0 = 61'84''129165''$$

$$\alpha' = \frac{1}{A_{E_1}} \left( \frac{h_1}{c + h_1 \cdot \frac{1}{\gamma_1} - (b - b_2 - b_3)} \right) = 89'24''0'' ; b\alpha' = \frac{15}{\gamma_1} = 0'125'' ; b\alpha = \frac{15}{\gamma_1} = 1'675''$$

$$b_2\gamma = \frac{b_2}{1 - \frac{1}{\gamma_1}} = 2'983'' ; b_2\alpha = b_2\gamma - b_2 = 0'983'' ; h_2 = h_2\gamma = b_2\gamma \cdot \gamma_1 = 5'575''$$

$$h_1\gamma = h_1 - h_2\gamma = 3'925'' \Rightarrow K_{a-1} = 0'431'' ; K_{a-2} = 0'716'' \sim (1 - \sin(\phi - \alpha)) = 2'9'35'' ; Q = (1 - \sin(\phi - \alpha)) = 56'150''$$

COULOMB

$$E-1 = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 3'925^2 \cdot K_{a-1} = 76'39'' ; E_{h-1} = E-1 \cdot \cos \phi_1 = 66'529'' ; E_{v-1} = E-1 \cdot \sin \phi_1 = 37'541''$$

$$ESC-1 = 7 \cdot 3'925 \cdot \frac{\sin(80^\circ)}{\sin(80^\circ + 5^\circ)} \cdot K_{a-1} = 8'365'' ; E_{sch-1} = ESC \cdot \cos \phi_1 = 7'285'' ; E_{cv-1} = ESC \cdot \sin \phi_1 = 9'111''$$

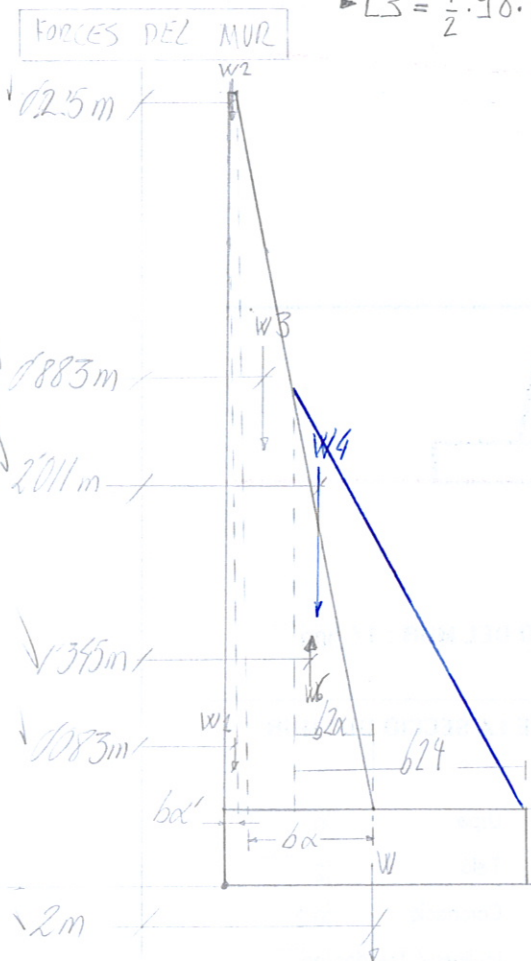
$$E-2 = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 2'075^2 \cdot K_{a-2} = 35'477'' ; E_{h-2} = E-2 \cdot \cos \phi_2 = 19'761'' ; E_{v-2} = E-2 \cdot \sin \phi_2 = 29'463''$$

$$E-2.2 = \frac{1}{2} \cdot (23 - 98) \cdot 4'5^2 \cdot K_{a-2} = 75'759'' ; E_{ch-2} = E-2.2 \cdot \cos \phi_2 = 53'340'' ; E_{cv-2} = E-2.2 \cdot \sin \phi_2 = 79'528''$$

$$E-1.2 = (23 \cdot 3'925) \cdot 6'575 \cdot \frac{\sin(4^\circ)}{\sin(4^\circ + 5^\circ)} \cdot K_{a-2} = 907'814'' ; E_{h-1.2} = E-1.2 \cdot \cos \phi_2 = 227'161'' ; E_{v-1.2} = E-1.2 \cdot \sin \phi_2 = 338'689''$$

$$E-2.2 = (23 \cdot 2'075) \cdot 4'5 \cdot \frac{\sin(4^\circ)}{\sin(4^\circ + 5^\circ)} \cdot K_{a-2} = 147'556'' ; E_{h-2.2} = E-2.2 \cdot \cos \phi_2 = 82'192'' ; E_{v-2.2} = E-2.2 \cdot \sin \phi_2 = 122'545''$$

$$\begin{aligned}
 \triangleright ESC-2 &= 9 \cdot 6'575 \cdot \frac{\sin(4)}{\sin(4+50)} \cdot Ka-2 = 22'5874 \\
 \triangleright EW-2 &= \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot 4'5^2 = 99'225 \text{ KN} \\
 \triangleright Es &= \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot (10'5-6) \cdot 4 = 88'2 \text{ KN}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 W1 &= 4 \cdot 1 \cdot 30 = 120 \text{ KN} \\
 W2 &= \frac{1}{2} \cdot 125 \cdot 95 \cdot 30 = 17'813 \text{ KN} \\
 W3 &= 12 \cdot 95 \cdot 30 = 57 \text{ KN} \\
 W4 &= 1675 \cdot 95 \cdot 30 = 238'688 \text{ KN} \\
 W5 &= 2283 \cdot 5575 \cdot 23 = 19'248 \text{ KN} \\
 W6 &= 1923 \cdot 5575 \cdot 23 = -63'023 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

FACTORS DE SEGURETAT

$$\begin{aligned}
 FSB &= \frac{120 \cdot 2 + 17'777 \cdot 1083 + 57 \cdot 1225 + 238'703 \cdot 1883 + 19'239 \cdot 2011 - 63'019 \cdot 1345}{66'537 \cdot 7883 + 7286 \cdot 8537 + 19'57 \cdot 5192 + 53339 \cdot 15 + 227'162 \cdot 3287 + 82'182 \cdot 225 + 12581 \cdot 3287 + 87488 \cdot 15 - (37'546 \cdot 1786 + 1834730)} \\
 &= \frac{1834730}{74'817} = \underline{5'010} \checkmark \\
 FSL &= \frac{(120 + 17'777 + 57 + 238'703 + 19'239 + (-63'019) + 37'546 + 411 + 29'458 + 79'529 + 238'703 + 122533 + 18'758 + 46'813 - Es) \cdot \frac{1}{2} \cdot 28}{66'537 + 7286 + 19'457 + 53339 + 227'162 + 82'182 + 12'581 + 87'488} \\
 &= \frac{611'979}{556'332} = \underline{1'100} \checkmark
 \end{aligned}$$

FACTORS DE SEGURETAT AL LISCAMENT AMB RASTRELL = Base/5

$$\begin{aligned}
 Kp &= \frac{1}{2} (45 + \frac{1}{2}) = 276983 \\
 Ep &= \frac{1}{2} (23 \cdot 98) \cdot (\frac{b}{5})^2 \cdot Kp = 11'6997 \Rightarrow E_{ph} = Ep \cdot \cos(5) = 11'033 \text{ KN} \Rightarrow FSL = \frac{611'979 + E_{ph}}{556'332} = \underline{1'120} \checkmark
 \end{aligned}$$



# RANKINE

$$\alpha_0 = 56'151'' \sim \varphi = \frac{\pi}{2} + \phi - \alpha_0 = 61'849''$$

$$X_{L1} = \alpha - 45 - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 77'151'' \sim \text{SRANKINE 1} = 19'435''; K_{a-1} = 0.418$$

$$X_{L2} = \varphi - 45 - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 59'' \sim \text{SRANKINE 2} = 28''; K_{a-2} = 0.603$$

$$\theta_1 = \text{SR1} + (90 - \alpha) = 29'435''; \theta_2 = \text{SR2} + (90 - \varphi) = 56'151''$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 3925^2 \cdot K_{a-1} = 79'086 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{h-1} = E_1 \cdot \cos \theta_1 = 64'523 \text{ kN} \\ E_{v-1} = E_1 \cdot \sin \theta_1 = 36'409 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_{SC-1} = 9 \cdot 3925 \cdot \frac{\sin(80'')}{\sin(20'5'')} \cdot K_{a-1} = 8'113 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{SCH-1} = E_{SC-1} \cdot \cos \theta_1 = 7'066 \text{ kN} \\ E_{SCV-1} = E_{SC-1} \cdot \sin \theta_1 = 3'987 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 2075^2 \cdot K_{a-2} = 29'881 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{h-2} = E_2 \cdot \cos \theta_2 = 16'644 \text{ kN} \\ E_{v-2} = E_2 \cdot \sin \theta_2 = 24'817 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_{L-2} = \frac{1}{2} (23 - 98) \cdot 45^2 \cdot K_{a-2} = 80'756 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{Lh-2} = E_{L-2} \cdot \cos \theta_2 = 44'926 \text{ kN} \\ E_{Lv-2} = E_{L-2} \cdot \sin \theta_2 = 66'926 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_{1-2} = (23 \cdot 3925) \cdot 6575 \cdot \frac{\sin(4'')}{\sin(4'5'')} \cdot K_{a-2} = 393'493 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{h-1-2} = E_{1-2} \cdot \cos \theta_2 = 191'328 \text{ kN} \\ E_{v-1-2} = E_{1-2} \cdot \sin \theta_2 = 285'279 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_{2-2} = (23 \cdot 2075) \cdot 45 \cdot \frac{\sin(4'')}{\sin(4'5'')} \cdot K_{a-2} = 124'283 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{h-2-2} = E_{2-2} \cdot \cos \theta_2 = 69'227 \text{ kN} \\ E_{v-2-2} = E_{2-2} \cdot \sin \theta_2 = 103'218 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_{SC-2} = 9 \cdot 6575 \cdot \frac{\sin(4'')}{\sin(4'5'')} \cdot K_{a-2} = 19'025 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{SCH-2} = E_{SC-2} \cdot \cos \theta_2 = 15'597 \text{ kN} \\ E_{SCV-2} = E_{SC-2} \cdot \sin \theta_2 = 15'800 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E_{W-2} = \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot 45^2 = 99'225 \text{ kN} \quad \left\{ \begin{array}{l} E_{Wh-2} = E_{W-2} \cdot \cos(90 - \varphi) = 87'487 \text{ kN} \cdot 52'728 \\ E_{Wv-2} = E_{W-2} \cdot \sin(90 - \varphi) = 46'814 \text{ kN} \cdot 27'152 \end{array} \right.$$

## FACTORS DE SECURETAT

$$FSV = \frac{120 \cdot 2 + 17'797 \cdot 0.073 + 57 \cdot 0.225 + 238'703 \cdot 0.073 + 191'239 \cdot 2.011 + (-63'013) \cdot 1.345}{64'53 \cdot 7.283 + 7066 \cdot 8.533 + 16'644 \cdot 5.712 + 44'927 \cdot 1.5 + 191'334 \cdot 3.287 + 122 \cdot 2.25 + 105'97 \cdot 3.287 + 87'487 \cdot 1.5 - (36'413 \cdot 0.786 + 3'987 \cdot 0.671 + 24'812 \cdot 1.757 + 66'985 \cdot 3.732 + 285'279 \cdot 2.776 + 103'207 \cdot 3.331 + 15'8 \cdot 2.776 + 46'814 \cdot 3.732) - 882 \cdot \frac{2}{3} \cdot 4 + 4} = \frac{764'898}{229'561} = 3.332 \checkmark$$

$$FSL = \frac{[120 + 17'797 + 57 + 238'703 + 191'239 - 63'013] + (36'413 + 3'287 + 24'812 + 66'925 + 285'271 + 103'207 + 15'8 + 46'814) \cdot 0.428}{64'53 + 7066 + 16'641 + 44'927 + 191'334 + 62'22 + 105'17 + 87'487} = \frac{561'92}{491'801} = 1.143 \checkmark$$

## FACTORS DE SECURETAT DE LLISCAMENT ATRIS RASTRELL = Base/5

$$K_p = \gamma^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) = 276'283$$

$$E_p = E_{ph} = \frac{1}{2} (23 - 98) \cdot \left( \frac{6}{5} \right)^2 \cdot K_p = 11'637$$

RANKINE

$\beta = 0$

$$\Rightarrow FSL = \frac{561'92 + E_{ph}}{491'801} = 1.166 \checkmark$$

# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Exercici 80303

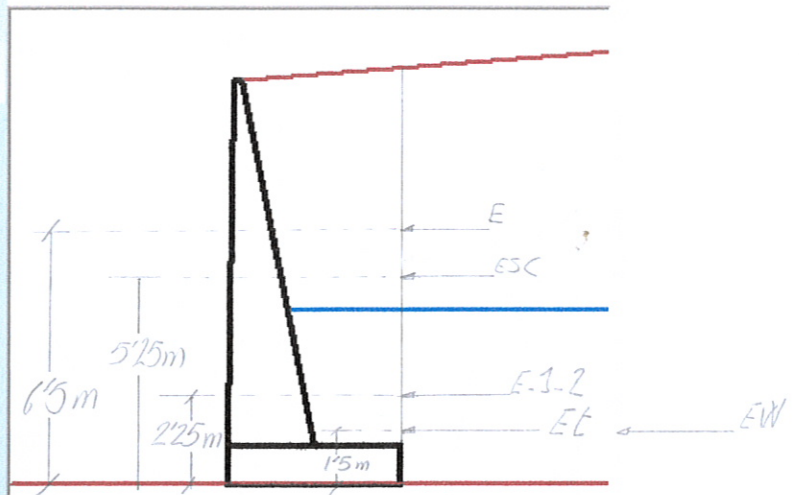
Alçada	10,5	m
Angle de fregament intern	28	°
Inclinació del Terreny	5	°
Càrrega superior	5	KN/m
Nivell freatic des de coronació	6	m
Densitat natural del Terrey	23	KN/m3

Densitat del Mur	30	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	Rankine	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	32	°

Mur generic

DESCRIPCIÓ

Exercici 80303



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/300

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rastrell (Opcional)

Alçada total	10,5	Urpa	0
Alçada superior	9,500	Taló	2
Alçada cimentació	1	Coronació	0,2
Base	4	Inclinació Trasdós	80

AMERICÀ

$$K_a C (\phi, p, \alpha = 20^\circ, S = 0) = 0,382$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 6^2 \cdot K_a = 158'029 \text{ KN}$$

$$E_{t-2} = \frac{1}{2} (23 - 98) \cdot 45^2 \cdot K_a = 51'016 \text{ KN}$$

$$E_{1-2} = (23 \cdot 6) \cdot 45 \cdot K_a = 237'044 \text{ KN}$$

$$E_{SC} = 9 \cdot 105 \cdot K_a = 20'040$$

$$E_{W} = \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot 45^2 = 99'225$$

$$37'875$$

$$E_s = \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot (10'5 - 6) \cdot 4 = 88'2 \text{ KN}$$

PRINCIPALS

$$h_1 = H \cdot c = 9'5 \text{ m}$$

$$\alpha' = \arctan \left( \frac{h_1}{c + \frac{h_1}{\tan \alpha} - (b - b_2 - b_3)} \right) = 83'247^\circ$$

$$b_{\alpha'} = \frac{h_1}{\tan \alpha'} = 0'125 \text{ m}$$

$$b_{\alpha} = \frac{h_1}{\tan \alpha} = 1'675 \text{ m}$$

$$h_{2P} = h_1 = 1'5$$

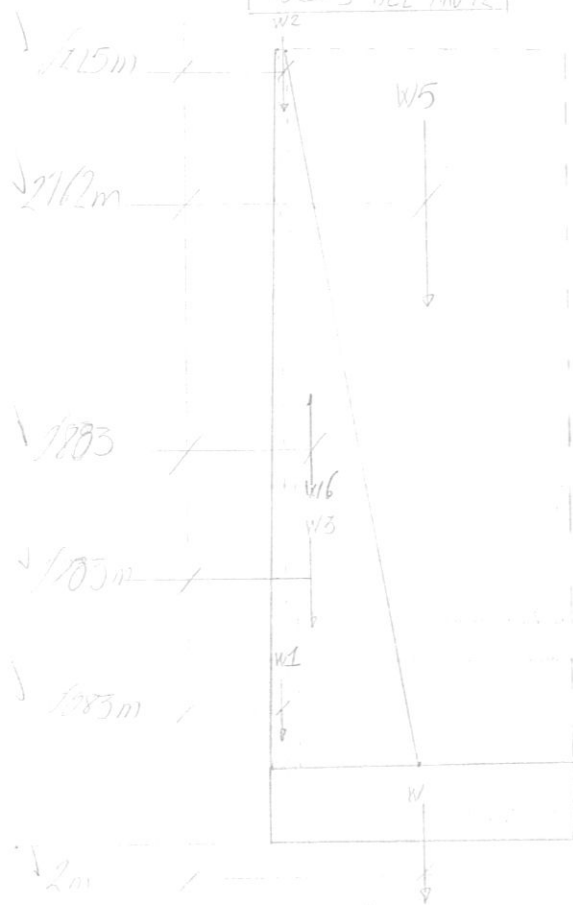
$$h_{1P} = 0$$

$$b_{2P} = 0$$

$$b_{2\alpha} = \left( \frac{h_{2P}}{\tan \alpha} \right) = 1'675 \text{ m}$$

$$b_{2\alpha 4} = b_2 + b_{2\alpha} - b_{2P} = 3'675 \text{ m}$$

### FORCES DEL MUÍR



$$\begin{aligned}
 W &= 4 \cdot 2 \cdot 30 = 120 \text{ kN} \\
 W_1 &= \frac{1.5}{2} \cdot \frac{9.5}{\tan 12.5^\circ} \cdot 30 = 17792 \text{ kN} \\
 W_2 &= 1.2 \cdot 1.5 \cdot 30 = 57 \text{ kN} \\
 W_3 &= \frac{1.5}{\tan 12.5^\circ} \cdot \frac{2.5}{2} \cdot 30 = 238'608 \text{ kN} \\
 W_5 &= \left(2 + \frac{1.5}{\tan 12.5^\circ}\right) \cdot 1.5 \cdot 23 = 803'011 \text{ kN} \\
 W_6 &= \frac{1.5}{\tan 12.5^\circ} \cdot \frac{2.5}{2} \cdot 23 = 183'005 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### FACTORS DE SEGURETAT

$$FSV = \frac{120 \cdot 2 + 17792 \cdot 1.083 + 57 \cdot 0.125 + 238'603 \cdot 0.773 + 803'011 \cdot 2.162 - 183'005 \cdot 0.173}{158'023 \cdot 0.65 + 51016 \cdot 1.5 + 237'044 \cdot 2.125 + 2004 \cdot 0.525 + 57'875 \cdot 1.5 + E_s \cdot \frac{2}{3} \cdot 4} = \frac{11053'52}{2126'309} = 0.959 \checkmark$$

$$FSLR = \frac{[(120 + 17792 + 57 + 238'603 + 803'011 - 183'005) - E_s] \cdot \tan 28^\circ}{158'023 + 51016 + 237'044 + 2004 + 11'125} = \frac{513'262}{565'304} = 0.908 \checkmark$$

### FACTOR DE SEGURETAT AL VINCATENT AMB PASTIGELL a Base/5

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 2.76183$$

$$\bar{q}_p = \frac{1}{2} \cdot (23 - 9.8) \cdot \left( \frac{1}{3} \right)^2 \cdot K_p = 11700 \text{ kN} \sim E_{hp} = E_p \cdot \cos(5^\circ) = 11'033 \text{ kN}$$

$$FSLP = \frac{513'262 + E_{hp}}{565'304} = 0.927$$

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur genèric sense rasclat

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Exercici 80303

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ Exercici 80303



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total	<input type="text" value="10,5"/>	Urpa	<input type="text" value="0"/>
Alçada superior	<input type="text" value="9,5"/>	Taló	<input type="text" value="2"/>
Alçada fonamentació	<input type="text" value="1"/>	Coronació	<input type="text" value="0,2"/>
Base	<input type="text" value="4"/>	Inclinació Trasdós	<input type="text" value="80"/>

CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE	SISTEMA AMERICÀ
Ka Amèrica <input type="text" value="0,382"/>		
<u>Factor de Seguretat al Volcament</u>	<u>Factor de Seguretat al Volcament</u>	<u>Factor de Seguretat al Volcament</u>
Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="765,045"/>	Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="765,045"/>	Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="2.039,964"/>
Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="152,670"/>	Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="229,554"/>	Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="2.126,309"/>
<b>F.S.B.</b> <input type="text" value="5,011"/>	<b>F.S.B.</b> <input type="text" value="3,333"/>	<b>F.S.B.</b> <input type="text" value="0,959"/>
<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>	<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>	<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>
Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="611,980"/>	Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="561,920"/>	Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="513,262"/>
Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="556,331"/>	Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="491,803"/>	Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="565,354"/>
<b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="1,100"/>	<b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="1,143"/>	<b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,908"/>

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur genèric amb rasclet

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ	Exercici 80303
Alçada	<input type="text" value="10,5"/> m
Angle de fregament intern	<input type="text" value="28"/> °
Inclinació del Terreny	<input type="text" value="5"/> °
Càrrega superior	<input type="text" value="5"/> KN/m
Nivell freàtic des de coronació	<input type="text" value="6"/> m
Densitat natural del Terreny	<input type="text" value="23"/> KN/m <sup>3</sup>
Densitat del Mur	<input type="text" value="30"/> KN/m <sup>3</sup>
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	<input type="text" value="Rankine"/> °
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	<input type="text" value="28"/> °

Mur genèric
DESCRIPCIÓ Exercici 80303

**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/300**

☐ Personalitzar escala

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☒ Rasclet (Opcional)

Alçada total	<input type="text" value="10,5"/>	Urpa	<input type="text" value="0"/>
Alçada superior	<input type="text" value="9,5"/>	Taló	<input type="text" value="2"/>
Alçada fonamentació	<input type="text" value="1"/>	Coronació	<input type="text" value="0,2"/>
Base	<input type="text" value="4"/>	Inclinació Trasdors	<input type="text" value="80"/>

CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE	SISTEMA AMERICÀ
<b>Ka Amèrica</b> <input type="text" value="0,382"/>		
<p><u>Factor de Seguretat al Volcament</u></p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="765,045"/></p> <p>Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="152,670"/></p> <p style="text-align: right;"><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="5,011"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Volcament</u></p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="765,045"/></p> <p>Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="229,554"/></p> <p style="text-align: right;"><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="3,333"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Volcament</u></p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="2.039,964"/></p> <p>Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="2.126,309"/></p> <p style="text-align: right;"><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="0,959"/></p>
<p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="623,013"/></p> <p>Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="556,331"/></p> <p style="text-align: right;"><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="1,120"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="573,619"/></p> <p>Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="491,803"/></p> <p style="text-align: right;"><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="1,166"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="524,295"/></p> <p>Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="565,354"/></p> <p style="text-align: right;"><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,927"/></p>



### **Exercici 8-03-03 (terreny 2)**

**Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur amb taló de 2m amb el trasdos inclinat  $80^\circ$  respecte l'horitzontal, que conté un terreny de 10,5m d'alçada amb nivell freàtic de 5,5m de potencia i càrrega superior.**

**Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema europeu amb les empentes segons Coulomb.**

# **CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS**

DESCRIPCIÓ **80303\_Terreny 2**

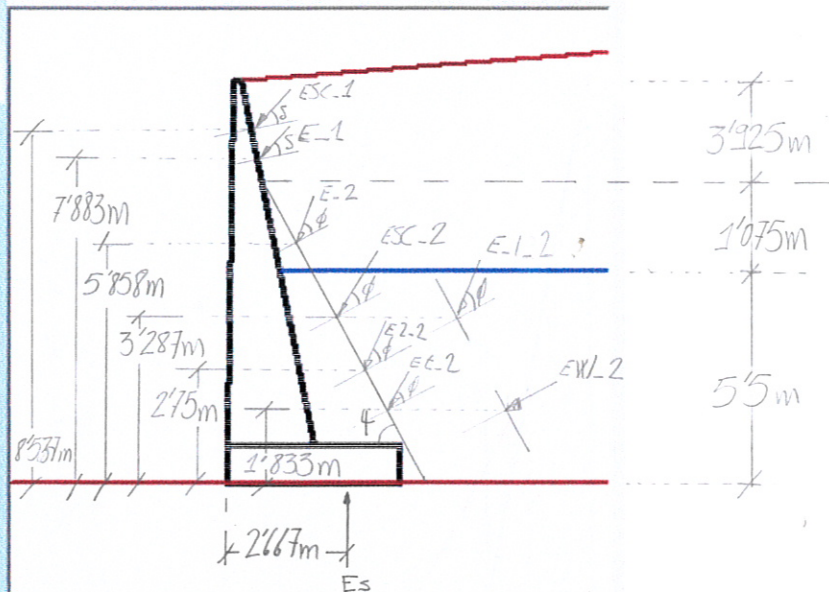
Alçada	10,5	m
Angle de fregament intern	28	°
Inclinació del Terreny	5	°
Càrrega superior	5	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	5	m
Densitat natural del Terrey	23	KN/m3

Densitat del Mur	30	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	Rankine	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	28	°

Mur generic

DESCRIPCIÓ

Exercici 80303



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/300

Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

Rastrell (Opcional)

Alçada total	10,5	Urpa	0
Alçada superior	9,500	Taló	2
Alçada cimentació	1	Coronació	0,2
Base	4	Inclinació Trasdos	80

$$\alpha_0 = 56'151 \sim 4 = \frac{\pi}{2} + \phi - \alpha_0 = 61'899^\circ$$

$$\alpha' = \frac{1}{2} \arctan \left( \frac{h1}{c + h1 \cdot \tan \alpha - (b - b2 - b3)} \right) = 89'247^\circ; b\alpha' = \frac{9.5}{\tan \alpha'} = 1.25m; b\alpha = \frac{9.5}{\tan \alpha} = 1.675m$$

$$b24 = \frac{b2}{1 - \tan^2 \alpha} = 2.983m; b2\alpha = b24 - b2 = 0.983m; h2 = h2P = b24 \cdot \tan \alpha = 5.575m$$

$$h1P = h1 - h2P = 3.925m \Rightarrow Ka1 = 0.431; Ka2 = 0.716 \sim 11.5 + (90 - \alpha) = 21.55^\circ; \alpha2 = 11.5 + (90 - 4) = 56'15^\circ$$

Coulomb

$$E1 = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 3.925^2 \cdot Ka1 = 76'39 \left\{ \begin{array}{l} Eh1 = E1 \cdot \cos \sigma1 = 66'53 \text{ kN} \\ Ev1 = E1 \cdot \sin \sigma1 = 37'54 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$ESC1 = 9 \cdot 3.925 \cdot \frac{\sin(80^\circ)}{\sin(80+5^\circ)} \cdot Ka1 = 8'365 \left\{ \begin{array}{l} ESh1 = ESC1 \cdot \cos \sigma1 = 7'29 \text{ kN} \\ ESCv1 = ESC1 \cdot \sin \sigma1 = 4'11 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E2 = \frac{1}{2} \cdot 23 \cdot 1.075^2 \cdot Ka2 = 9'522 \left\{ \begin{array}{l} Eh2 = E2 \cdot \cos \sigma2 = 5'30 \text{ kN} \\ Ev2 = E2 \cdot \sin \sigma2 = 7'91 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E1-2 = \frac{1}{2} (23 - 9.8) \cdot 5.5^2 \cdot Ka2 = 143'047 \left\{ \begin{array}{l} Eh1-2 = E1-2 \cdot \cos \sigma2 = 79'69 \text{ kN} \\ Ev1-2 = E1-2 \cdot \sin \sigma2 = 118'80 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E1-2 = (23 \cdot 3.925) \cdot 6.575 \cdot \frac{\sin(4^\circ)}{\sin(4+5^\circ)} \cdot Ka2 = 407'819 \left\{ \begin{array}{l} Eh1-2 = E1-2 \cdot \cos \sigma2 = 227'46 \text{ kN} \\ Ev1-2 = E1-2 \cdot \sin \sigma2 = 338'69 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$E2-2 = (23 \cdot 1.075) \cdot 5.5 \cdot \frac{\sin(4^\circ)}{\sin(4+5^\circ)} \cdot Ka2 = 15'55 \left\{ \begin{array}{l} Eh2-2 = E2-2 \cdot \cos \sigma2 = 52'04 \text{ kN} \\ Ev2-2 = E2-2 \cdot \sin \sigma2 = 77'59 \text{ kN} \end{array} \right.$$

FORCES DEL MUR

$$W = 4 \cdot 1 \cdot 30 = 120 \text{ kJ}$$

$$W_1 = \frac{1}{2} \cdot 125 \cdot 25 \cdot 30 = 17'813 \text{ kg}$$

$$W_2 = 12 \cdot 25 \cdot 30 = 57 \text{ kN}$$

$$W_3 = \frac{1675}{2} \cdot 95 \cdot 30 = 238188 \text{ kN}$$

$$W_4 = \frac{2}{2} \cdot 5575 \cdot 25 = 141'248 \text{ kJ}$$

$$W6 = \frac{\sigma_{\text{IPB}}}{2} \cdot 5570 \cdot 23 = -63'023 \text{ kNm}$$

# FACTORS DE SECURETAT

$$= \frac{130712 \cdot 1733 - (57546 \cdot 1786 + 4111 \cdot 1611 + 7205 \cdot 14 + 118702 \cdot 3554 + 338849 \cdot 2776 + 7758 \cdot 3064 + 18758 \cdot 2776 + 11931 \cdot 3554)}{2777872} = \frac{7649}{2777872} = \underline{\underline{2753}}$$

$$\text{FSL} = \frac{(120 + 17.797 + 57 + 238.703 + 191.239 + (13019) + 37.546 + 4111 + 7905 + 118.702 + 338.699 + 77.571 + 18.758 + 69.931 - 1078) \pm 28^\circ}{16537 + 7286 + 5332 + 71679 + 227162 + 52002 + 12587 + 130192}$$

$$= \frac{599'371}{58'271} = \underline{\underline{1'031}} \checkmark$$

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur genèric sense rasclat

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ 80303\_Terreny 2

Alçada 10,5 m

Angle de fregament intern 28 °

Inclinació del Terreny 5 °

Càrrega superior 5 KN/m

Nivell freàtic des de coronació 5 m

Densitat natural del Terreny 23 KN/m3

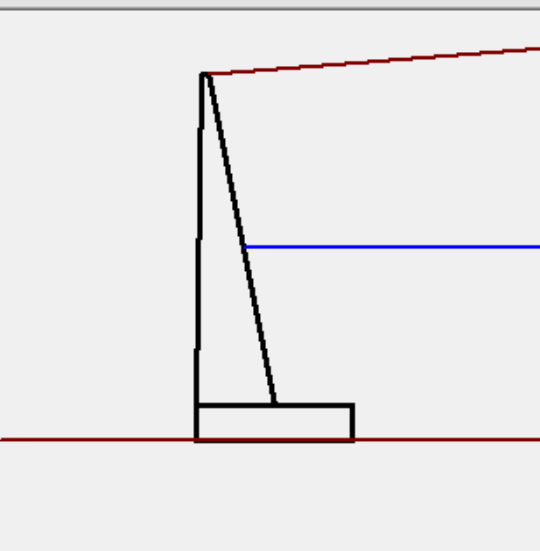
Densitat del Mur 30 KN/m3

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur Rankine °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur 28 °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ 80303\_Terreny 2



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 300

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total 10,5 Urpa 0

Alçada superior 9,5 Taló 2

Alçada fonamentació 1 Coronació 0,2

Base 4 Inclinació Trasdós 80

CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE	SISTEMA AMERICÀ
Delta Rankine 19,435	Ka Rankine <input type="text"/> Delta Rankine <input type="text"/>	Ka Americà <input type="text"/>
<u>Factor de Seguretat al Volcament</u>	<u>Factor de Seguretat al Volcament</u>	<u>Factor de Seguretat al Volcament</u>
Sumatori MEstabilitzadors 765,045	Sumatori MEstabilitzadors <input type="text"/>	Sumatori MEstabilitzadors <input type="text"/>
Sumatori MDesestabilitzadors 278,027	Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text"/>	Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text"/>
<b>F.S.B.</b> 2,752	<b>F.S.B.</b> <input type="text"/>	<b>F.S.B.</b> <input type="text"/>
<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>	<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>	<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>
Sumatori Forces Estabilitzadors 599,371	Sumatori Forces Estabilitzadors <input type="text"/>	Sumatori Forces Estabilitzadors <input type="text"/>
Sumatori de Forces Desestabilitzadors 581,271	Sumatori de Forces Desestabilitzadors <input type="text"/>	Sumatori de Forces Desestabilitzadors 19,435
<b>F.S.LI.</b> 1,031	<b>F.S.LI.</b> <input type="text"/>	<b>F.S.LI.</b> <input type="text"/>
<u>Direcció de les línies característiques oposades al Mur</u> 61,849	Ka estrat superior 0,431 Ka estrat inferior 0,716	

## **Exercici 8-09-01**

**Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur sense taló amb el trasdos inclinat  $80^\circ$  respecte l'horitzontal, conté un terreny de 2m d'alçada amb nivell freàtic de 1,3m de potencia i càrrega superior.**

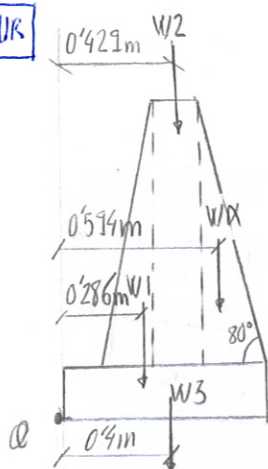
**Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema mur gravetat amb les empentes segons Coulomb i segons Rankine, es demana també el càlcul amb el sistema Americà.**

**S'estudiarà el factor de seguretat al lliscament si s'afegeix un rasclet a la secció del mur.**





# FORCES MUR



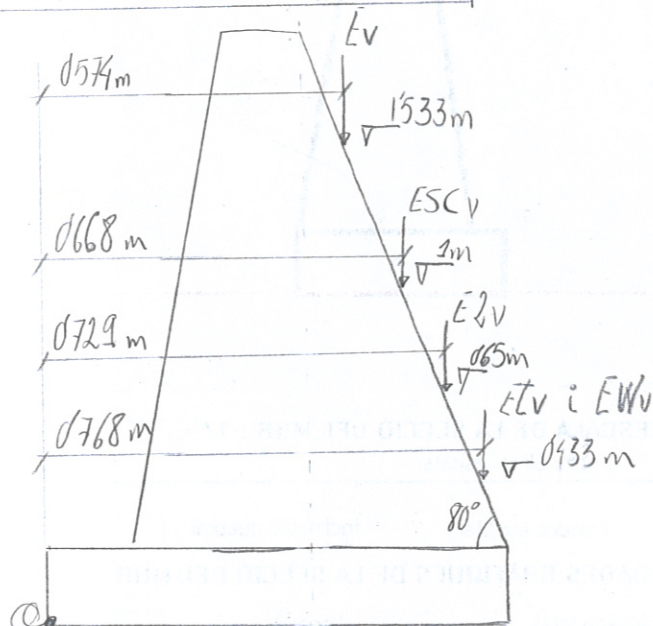
$$W1 = \frac{1}{2} \cdot 1.75 \cdot \frac{1.75}{\tan 80^\circ} \cdot 20 = 4.225 \text{ kN V}$$

$$W2 = 1.25 \cdot 1.75 \cdot 20 = 4.375 \text{ kN V}$$

$$W3 = 1.25 \cdot 0.8 \cdot 20 = 4 \text{ kN V}$$

$$Wx = \frac{1}{2} \left[ 1.75 \cdot \frac{1.75}{\tan 80^\circ} \right] \cdot 20 = 5.4 \text{ kN V}$$

## DISTANCIES DE LES FORCES VERTICALS RESPECTE EL PUNT DE GIR DEL MUR



$$DEv = 0.8 - \frac{1.533 \cdot 0.15}{\tan 80^\circ} = 0.574 \text{ m V}$$

$$DESCv = 0.8 - \frac{1 \cdot 1.25}{\tan 80^\circ} = 0.668 \text{ m V}$$

$$DELv = 0.8 - \frac{0.15 \cdot 0.25}{\tan 80^\circ} = 0.729 \text{ m V}$$

$$DELv = DEWv = 0.8 - \frac{0.433 \cdot 0.25}{\tan 80^\circ} = 0.768 \text{ m V}$$

## FACTORS DESEGURETAT

$$FSB = \frac{4.225 \cdot 0.276 + 4.375 \cdot 0.429 + 4 \cdot 0.4 + 5.4 \cdot 0.594}{[1.74 \cdot 1.533 + 6.38 \cdot 0.65 + 3.021 \cdot 0.433 + 10.684 \cdot 1 + 8.155 \cdot 0.433] - [1.01 \cdot 0.574 + 3.69 \cdot 0.729 + 1.744 \cdot 0.768 + 6.168 \cdot 0.668 + 1.438 \cdot 0.768] + 5.016 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.8}$$

$$FSB = \frac{7.893}{15.222} = 0.519 \text{ V!}$$

$$FSL = \frac{[(4.225 + 4.375 + 5.4 + 4 + 1.01 + 3.69 + 1.744 + 6.168 + 1.438) - 5.016] \cdot \tan(24^\circ)}{1.74 + 6.38 + 3.021 + 10.684 + 8.155}$$

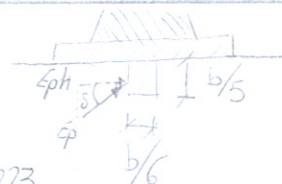
$$FSL = \frac{12.001}{29.98} = 0.4 \text{ V!}$$

## FACTOR DESEGURETAT AL LLISCAMENT AITIB RASTRELL = Base/5

$$Kp = \frac{1}{2} \left( 45 + \frac{b}{2} \right) = 3 ; \quad Ep = \frac{1}{2} \left( \frac{b}{5} \right)^2 \cdot (117.18) \cdot Kp = 0.35016 \text{ kN}$$

$$FSL = \frac{12.001 + 0.35723}{29.98} = 0.412 \text{ V}$$

$$Ep = Ep \cdot 6.5 = 0.35723$$





# **RANKINE**

Exercici 80901  
 Direcció línies característiques =  $\alpha_0 = 36'44'635''$   
 Angle de les línies característiques amb la normal del mur:  $\chi = \theta \cdot \frac{1}{2} - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 36'44'635''$   
 Delta RANKINE =  $S_R = 22'3211''$

$$\begin{aligned} R_{aR} &= 0'403 & \tau &= S_R + (90 - \theta) = 32'321'' \\ \bullet E &= \frac{1}{2} \cdot 197 \cdot (07)^2 \cdot 0'403 = 1'945 \text{ kN} & \begin{cases} \rightarrow E_h = E \cdot \cos \tau = 1'644 \text{ kN} \checkmark \\ \rightarrow E_v = E \cdot \sin \tau = 1'040 \text{ kN} \checkmark \end{cases} \\ \bullet E_2 &= (197 \cdot 07) (2 - 07) \cdot \frac{\sin 80^\circ}{\sin (80^\circ + 7^\circ)} \cdot 0'403 = 7'125 \text{ kN} & \begin{cases} \rightarrow E_{2h} = 6'021 \text{ kN} \checkmark \\ \rightarrow E_{2v} = 3'809 \text{ kN} \checkmark \end{cases} \\ \bullet E_T &= \frac{1}{2} (197 - 98) \cdot 13^2 \cdot 0'403 = 3'371 & \begin{cases} \rightarrow E_{Th} = 2'849 \text{ kN} \checkmark \\ \rightarrow E_{Tv} = 1'803 \text{ kN} \checkmark \end{cases} \\ \bullet E_{SC} &= 15 \cdot 2 \cdot \frac{\sin 80^\circ}{\sin (80^\circ + 7^\circ)} \cdot 0'403 = 11'923 \text{ kN} & \begin{cases} \rightarrow E_{SCH} = 10'653 \text{ kN} \checkmark \\ \rightarrow E_{SCV} = 6'375 \text{ kN} \checkmark \end{cases} \\ \bullet E_W &= \frac{1}{2} 98 \cdot 13^2 = 8'281 \text{ kN} & \begin{cases} \rightarrow E_{Wh} = E_W \cdot \cos (90 - \theta) = 8'155 \text{ kN} \checkmark \\ \rightarrow E_{Wv} = E_W \cdot \sin (90 - \theta) = 1'438 \text{ kN} \checkmark \end{cases} \\ \bullet E_S &= \frac{1}{2} 98 \cdot (2 - 07) \cdot 0'8 = 5'096 \text{ kN} \end{aligned}$$

## FACTORS SECURETAT

$$FSV = \frac{4'225 \cdot 0'286 + 4'375 \cdot 0'429 + 4 \cdot 04 + 5'4 \cdot 0'599}{[1'644 \cdot 1'533 + 6'021 \cdot 0'15 + 2'849 \cdot 0'433 + 10'075 \cdot 1 + 8'155 \cdot 0'433] - [104 \cdot 0'574 + 5'809 \cdot 0'729 + 1'803 \cdot 0'768 + 6'375 \cdot 0'668 + 1'438 \cdot 0'768] + 5'096 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0'8}$$

$$FSV = \frac{7'893}{13'870} = 0'569 \checkmark$$

$$FSL = \frac{[(4'225 + 4'375 + 4 + 5'4) + (1'04 + 3'809 + 1'803 + 6'375 + 1'438) - 5'096] \cdot \frac{1}{3} (24^\circ)}{1'644 + 6'021 + 2'849 + 10'075 + 8'155}$$

$$FSL = \frac{12'185}{28'744} = 0'424 \checkmark$$

## FACTORS SECURETAT AL LLISCAMENT AMB RASTRELL = Base/5

$$K_p = \frac{1}{9} (45 + \frac{30}{2}) = 3$$

$$E_p = E_{ph} = \frac{1}{2} \cdot (\frac{b}{5})^2 \cdot (197 - 98) \cdot K_p = 0'38016 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow FSL = \frac{12'185 + 0'38016}{28'744} = 0'437 \checkmark$$



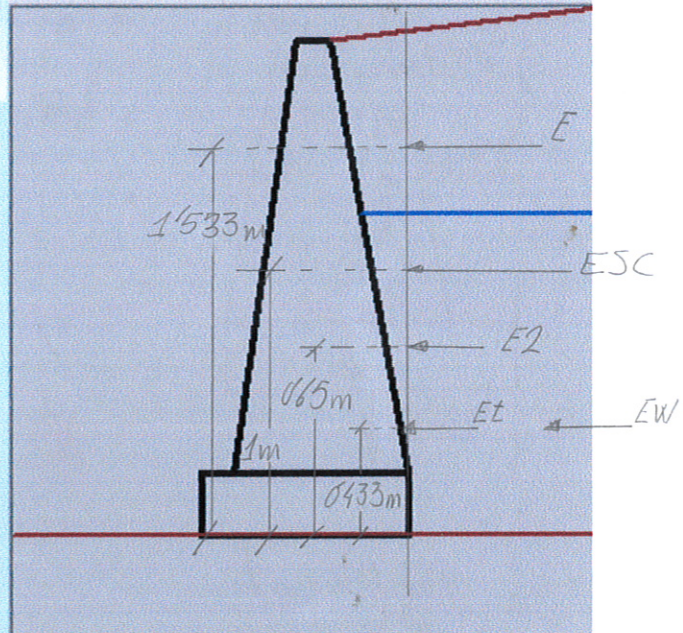
# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Exercici 80901

Alçada	2	m
Angle de fregament intern	30	°
Inclinació del Terreny	7	°
Càrrega superior	15	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	0,7	m
Densitat natural del Terrey	19,7	KN/m3
Densitat del Mur	20	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el teasdos del mur	20	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24	°

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Exercici 80901



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/50

☒ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat

Inclinació quebrat 80

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

Alçada total	2,000	Urpa	0,125
Alçada superior	1,750	Coronació	0,125
Alçada cimentació	0,25		
Base	0,8	Inclinació Trasdos	80

AMERICÀ

$$K_a C = 0,359859$$

$$\sum \text{trasdos} = 0$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot 19,7 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot (0,7 \text{ m})^2 \cdot 0,359 = 1,737 \text{ KN} \checkmark$$

$$E_2 = (19,7 \cdot 0,7) \cdot (2 - 0,7) \cdot 0,359 = 6,451 \text{ KN} \checkmark$$

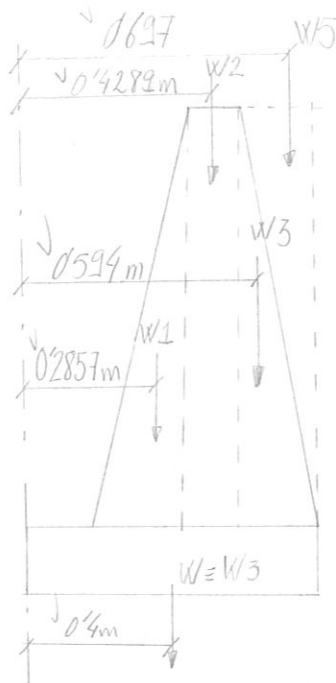
$$E_T = \frac{1}{2} (19,7 - 19,8) \cdot 1,3^2 \cdot 0,359 = 3,010 \text{ KN} \checkmark$$

$$E_{SC} = 15 \cdot 2 \cdot 0,359 = 10,796 \text{ KN} \checkmark$$

$$E_W = \frac{1}{2} \cdot 19,8 \cdot 1,3^2 = 8,281 \text{ KN} \checkmark$$

$$E_s = \frac{1}{2} \cdot 19,8 \cdot (2 - 0,7) \cdot 0,8 = 5,096$$

# FORCES MUR



$$\rightarrow b_2 = 0 \text{ (Per le Mur de Gravelet)}$$

$$\rightarrow X_{INTRADOS INTERIOR} = \frac{1.75}{\frac{5.125 + 1.75}{2} - (0.8 - 0.125)} = 82.145^\circ$$

$$\rightarrow b_{\alpha'} = \frac{1.75}{\tan 82.145} = 0.291 \text{ m}$$

$$\rightarrow b_{\alpha} = \frac{1.75}{\tan 80} = 0.3086 \text{ m}$$

$$\rightarrow b_{2X} = b_{\alpha} = 0.3086 \text{ m}$$

→

$$W_5 \cdot W = 0.8 \text{ m} \cdot 0.25 \text{ m} \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 4 \text{ kN} \checkmark$$

$$W_1 \cdot W1 = \frac{1.75}{2} \cdot 0.291 \text{ m} \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 4.224 \text{ kN} \checkmark$$

$$W_2 \cdot W2 = 0.125 \cdot 1.75 \cdot 20 = 4.375 \text{ kN} \checkmark$$

$$W_3 \cdot W3 = \frac{1.75}{2} \cdot 0.309 \cdot 20 = 5.4075 \text{ kN} \checkmark$$

$$W_4 \cdot W5 = \frac{1.75}{2} \cdot 0.3086 \cdot 1.97 = 5.319 \text{ kN} \checkmark$$

## FACTORS SECURETAT

$$FSV = \frac{4.04 + 4.224 \cdot 1.257 + 4.375 \cdot 0.4289 + 5.4075 \cdot 0.594 + 5.319 \cdot 0.697}{1.737 \cdot 1.533 + 6.451 \cdot 0.65 + 3.010 \cdot 0.433 + 10.796 \cdot 1 + 8.281 \cdot 0.433 + 5.016 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.8} = \frac{11.603}{25.259} = 0.459 \checkmark$$

$$FSL = \frac{(4 + 4.224 + 4.375 + 5.4075 + 5.319) - 5.016 \cdot \tan(24^\circ)}{1.737 + 6.451 + 3.010 + 10.796 + 8.281} = \frac{8.116}{30.365} = 0.267 \checkmark$$

$$IMB \text{ RAS TRELL} = \text{Base}/5$$

$$K_p = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \right) = 3 ; E_p = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1}{3} \right)^2 \cdot (1.97 - 0.8) \cdot K_p = 0.38016 \text{ kN}$$

$$E_{ph} = E_p \cdot \cos \Delta = 0.35723 \text{ kN} \sim FSL = \frac{8.116 + E_{ph}}{30.365} = 0.279 \checkmark$$

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur de gravetat sense rasclat

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

---

**DESCRIPCIÓ** Exercici 80901

---

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

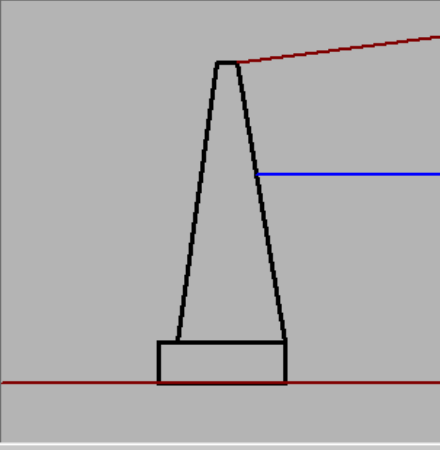
Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

**Mur de gravetat**

DESCRIPCIÓ Exercici 80901



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☒ Personalitzar escala

☐ Trasdós quebrat      Inclinació quebrat   
    Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total       Urpa   
   Alçada superior       Coronació   
   Alçada fonament   
   Base       Inclinació Trasdós

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors   
 Sumatori MDesestavilitzadors   
**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors   
 Sumatori de Forces Destavilitzadors   
**F.S.LI**

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine     Delta Rankine

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors   
 Sumatori MDesestavilitzadors   
**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors   
 Sumatori de Forces Destavilitzadors   
**F.S.LI**

### SISTEMA AMERICÀ

Ka Americà

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors   
 Sumatori MDesestavilitzadors   
**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors   
 Sumatori de Forces Destavilitzadors   
**F.S.LI**

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur de gravetat amb rasclat

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Exercici 80901

Alçada 2 m

Angle de fregament intern 30 °

Inclinació del Terreny 7 °

Càrrega superior 15 KN/m

Nivell freàtic des de coronació 0,7 m

Densitat natural del Terreny 19,7 KN/m<sup>3</sup>

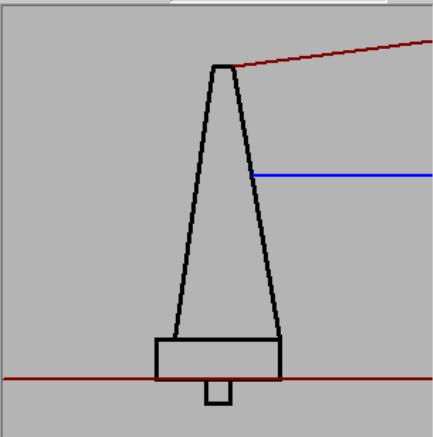
Densitat del Mur 20 KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur 20 °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur 24 °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Exercici 80901



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 60

☒ Personalitzar escala

☐ Trasdós quebrat      Inclinació quebrat 80  
Alçada quebrat 0,583

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☒ Rasclat (Opcional)

Alçada total 2      Urpa 0,125

Alçada superior 1,750      Coronació 0,125

Alçada fonament 0,25

Base 0,8      Inclinació Trasdós 80

#### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb 0,417

##### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 7,894

Sumatori MDesestavilitzadors 15,233

**F.S.B. 0,518**

##### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors 12,351

Sumatori de Forces Destavilitzadors 29,974

**F.S.LI 0,412**

#### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine 0,403      Delta Rankine 22,321

##### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 7,894

Sumatori MDesestavilitzadors 13,876

**F.S.B. 0,569**

##### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors 12,565

Sumatori de Forces Destavilitzadors 28,743

**F.S.LI 0,437**

#### SISTEMA AMERICÀ

Ka Americà 0,360

##### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 11,602

Sumatori MDesestavilitzadors 25,263

**F.S.B. 0,459**

##### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors 8,471

Sumatori de Forces Destavilitzadors 30,275

**F.S.LI 0,280**

## **Exercici 9-03-24**

**Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur sense taló amb el trasdos quebrat, el de la zona inferior inclinat  $80^{\circ}$  i 5,5m d'alçada i el superior de  $70^{\circ}$  i 2,5m d'alçada, conté un terreny de 8m d'alçada amb nivell freàtic de 7m de potencia i càrrega superior.**

**Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema mur gravetat amb les empentes segons Coulomb i segons Rankine.**

**S'estudiarà el factor de seguretat al lliscament si s'afegeix un rasclet a la secció del mur.**



# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

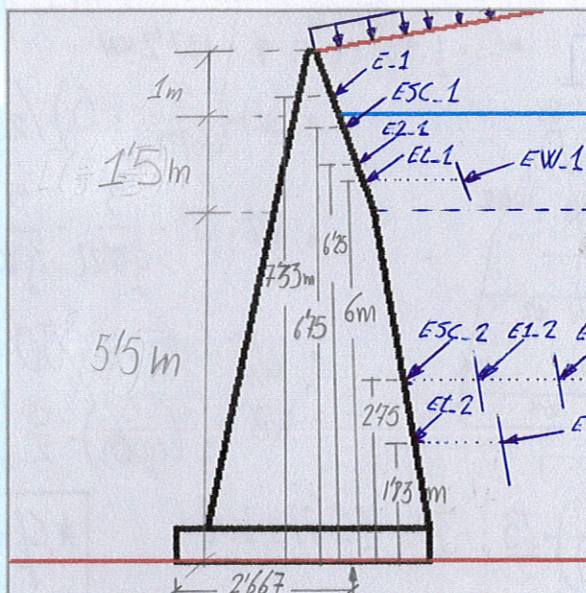
DESCRIPCIÓ Exercici 90324

Alçada	8	m
Angle de fregament intern	30	°
Inclinació del Terreny	10	°
Càrrega superior	10	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	1	m
Densitat natural del Terrey	27	KN/m <sup>3</sup>

Densitat del Mur	30	KN/m <sup>3</sup>
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	27	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	21'4	°

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Exercici 90324\_Q70



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/200

Personalitzar escala

Trasdos quebrat

Inclinació quebrat 70

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

Alçada total	8,000	Urpa	0,5
Alçada superior	7,500	Coronació	0,6
Alçada cimentació	0,5	Coronació Total	0,131
Base	4	Inclinació Trasdos	80

“Alçada del Quebrat =  $(1/3) * h_1$ ”

COULOMB

$$K_{a1} = 0.58902 ; K_{a2} = 0.44572 ; \delta_1 = 27 + (10 - 70) = 47^\circ ; \delta_2 = 27 + (10 - 80) = 37^\circ$$

$$E_{1h} = E_1 \cdot \cos \delta_1 = 5.423 \text{ KNV}$$

$$E_{1v} = E_1 \cdot \sin \delta_1 = 5.815 \text{ KNV}$$

$$E_{2h} = E_2 \cdot \cos \delta_2 = 15.524 \text{ KNV}$$

$$E_{2v} = E_2 \cdot \sin \delta_2 = 16.647 \text{ KNV}$$

$$E_{1h} = E_{1h} \cdot \cos \delta_1 = 7.773 \text{ KNV}$$

$$E_{1v} = E_{1h} \cdot \sin \delta_1 = 8.336 \text{ KNV}$$

$$E_{2h} = E_{2h} \cdot \cos \delta_2 = 9.583 \text{ KNV}$$

$$E_{2v} = E_{2h} \cdot \sin \delta_2 = 10.276 \text{ KNV}$$

$$E_{1h} = E_{1h} \cdot \cos (90 - 70) = 10.360 \text{ KNV}$$

$$E_{1v} = E_{1h} \cdot \sin (90 - 70) = 3.771 \text{ KNV}$$

$$E_{2h} = E_{2h} \cdot \cos \delta_2 = 22.605 \text{ KNV}$$

$$E_{2v} = E_{2h} \cdot \sin \delta_2 = 19.783 \text{ KNV}$$

$$E_{1h} = E_{1h} \cdot \cos \delta_2 = 52.058 \text{ KNV}$$

$$E_{1v} = E_{1h} \cdot \sin \delta_2 = 34.229 \text{ KNV}$$

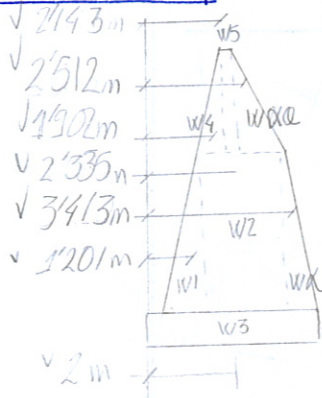
$$E_{2h} = E_{2h} \cdot \cos \delta_2 = 29.281 \text{ KNV}$$

$$E_{2v} = E_{2h} \cdot \sin \delta_2 = 19.529 \text{ KNV}$$



$$\begin{aligned}
 & \triangleright Et_{1-2} = (27-98) \cdot 15.55 \cdot \frac{\sin(80)}{\sin(80+10)} \cdot Ka2 = 12'284.74 \quad \left\{ \begin{aligned} Et_{h-1-2} &= Et_{1-2} \cdot \cos 52 = 49'744 \text{ kN} \checkmark \\ Et_{v-1-2} &= Et_{1-2} \cdot \sin 52 = 37'485 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 & \triangleright EW_2 = \frac{18}{2} \cdot 55^2 = 148'225 \text{ kN} \quad \left\{ \begin{aligned} EW_{h2} &= EW_2 \cdot \cos(90-80) = 145'973 \text{ kN} \checkmark \\ EW_{v2} &= EW_2 \cdot \sin(90-80) = 25'739 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 & \triangleright Et_{1-2} = 98 \cdot 15.55 \cdot \frac{\sin(80)}{\sin(80+10)} \cdot Ka2 = 35'488.99 \quad \left\{ \begin{aligned} Et_{h-1-2} &= Et_{1-2} \cdot \cos 52 = 28'343 \text{ kN} \checkmark \\ Et_{v-1-2} &= Et_{1-2} \cdot \sin 52 = 21'358 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 & \triangleright Es = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot (8-1) \cdot 4 = 137'2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### FORCES DEL MUR



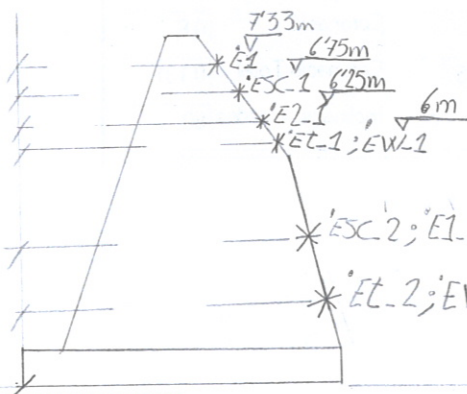
$$\begin{aligned}
 & \bullet W1 = \left[ \left( \frac{5}{5.78122} \cdot 5 \right) / 2 \right] \cdot 30 = 78'875 \text{ kN} \checkmark \\
 & \bullet W2 = \left[ 35 - \frac{5}{5.78122} - \frac{5}{5.80} \right] \cdot 5 \cdot 30 = 235'006 \text{ kN} \checkmark \\
 & \bullet W3 = 15 \cdot 4 \cdot 30 = 60 \text{ kN} \checkmark \\
 & \bullet W4 = \left[ \left( \frac{5}{5.78122} \right) \cdot \frac{2.5}{2} \right] \cdot 30 = 19'719 \text{ kN} \checkmark \\
 & \bullet W5 = (0.131 \cdot 25) \cdot 30 = 9'825 \text{ kN} \checkmark \\
 & \bullet W6 = \left[ \left( \frac{2.5}{5.70} \right) \cdot \frac{2.5}{2} \right] \cdot 30 = 34'122 \text{ kN} \checkmark
 \end{aligned}$$

$$\bullet W4 = \left[ \left( \frac{2.5}{5.78122} \right) \cdot \frac{2.5}{2} \right] \cdot 30 = 19'719 \text{ kN} \checkmark$$

$$W5 = (0.131 \cdot 25) \cdot 30 = 9'825 \text{ kN} \checkmark$$

$$\bullet W6 = \left[ \left( \frac{2.5}{5.70} \right) \cdot \frac{2.5}{2} \right] \cdot 30 = 34'122 \text{ kN} \checkmark$$

### DISTANCIAS DE LAS VERTICALES



$$* \cos h1 = \frac{1}{\tan(\alpha)}; \text{ si } \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos h1 = 0$$

$$* \cos h1 = \frac{1}{\tan(\alpha)}; \text{ si } \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos h1 = 0$$

$$DE_{1v} = b - 5 \cdot \cos h1 - (7.33-5.5) \cos h1 = 2'452 \text{ m} \checkmark$$

$$DE_{2v-1} = b - 5 \cdot \cos h1 - (6.75-5.5) \cos h1 = 2'663 \text{ m} \checkmark$$

$$DE_{2v-1} = b - 5 \cdot \cos h1 - (6.25-5.5) \cos h1 = 2'845 \text{ m} \checkmark$$

$$DE_{2-1}; DE_{W-1} = b - 5 \cdot \cos h1 - (6-5.5) \cos h1 = 2'936 \text{ m} \checkmark$$

$$ESC.2 = b - 2.75 \cdot \cos h1 = 3'003 \text{ m} \checkmark$$

$$ET.2; EW.2 = b - 1.83 \cdot \cos h1 = 3'677 \text{ m} \checkmark$$

### FACTORS SEGURIDAD

$$\begin{aligned}
 FSV &= \frac{78'875 \cdot 1'201 + 235'006 \cdot 2'335 + 60 \cdot 2 + 66'123 \cdot 3'413 + 19'719 \cdot 1'102 + 9'825 \cdot 2'143 + 34'122 \cdot 2'512}{[5'423 \cdot 7'333 + 15'524 \cdot 6'25 + 7'773 \cdot 6 + 1'583 \cdot 6'75 + 10'36 \cdot 6 + (12'604 + 145'97) \cdot 1'833 + (52'058 + 19'281 + 49'744 + 28'342) \cdot 2'75] - [5'816 \cdot 2'451 + 16'148 \cdot 2'663 + 8'536 \cdot 2'936 + 10'276 \cdot 2'663 + 3'771 \cdot 2'936 + (19'782 + 25'739) \cdot 3'765 + (39'228 + 14'529 + 37'485 + 21'358) \cdot 3'003] - \frac{1.133'421}{63'925} = 1'786 \checkmark \\
 FSL &= \frac{(78'875 + 235'006 + 60 + 66'123 + 19'719 + 9'825 + 34'122 + 5'816 + 16'148 + 8'536 + 10'276 + 3'771 + 19'782 + 39'228 + 14'529 + 37'485 + 21'358 - Es) \cdot \tan(21^\circ)}{5'423 + 15'524 + 7'773 + 1'583 + 10'36 + 12'604 + 52'058 + 19'281 + 49'744 + 145'97 + 28'342} = 0'799 \checkmark
 \end{aligned}$$

$$FSL = \frac{+14'529 + 37'485 + 25'739 + 21'358 - Es}{436'662} = 0'799 \checkmark$$

$$Kp = \left( \frac{b}{5} + \frac{1}{2} \right) = 3$$

$$Ep = \frac{1}{2} \left( \frac{b}{5} \right)^2 \cdot (27-98) \cdot Kp = 16'512 \text{ kN} \rightarrow Eph = Ep \cdot \cos 52 = 14'712 \text{ kN} \Rightarrow FSL = \frac{349'022 + Eph}{436'662} = 0'833 \checkmark$$



## RANKINE

DIRECCIÓ LÍNIES CARACTERÍSTIQUES ;  $\alpha_0 = 54'838981492^\circ$ 

- ANGLE DE LES CARACTERÍSTIQUES AMB LA NORMAL DEL TUR-QUEBRAT 1 ;  $\alpha_1 = \alpha - 45^\circ - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 64'839^\circ$
- ANGLE DE LES CARACTERÍSTIQUES AMB LA NORMAL DEL TUR-QUEBRAT 2 ;  $\alpha_2 = \alpha - 45^\circ - \frac{\phi}{2} + \alpha_0 = 74'839^\circ$
- DECTARANKINE - 1 =  $29'4726^\circ$
- DECTARANKINE - 2 =  $23'9463^\circ$

$$K_{AR-1} = 0'52977^\circ ; \sigma_1 = \sigma_{R-1} + (90 - \alpha_1) = 49'4786^\circ ; K_{AR-2} = 0'42133^\circ ; \sigma_2 = \sigma_{R-2} + (90 - \alpha_2) = 33'9463^\circ$$

$$\triangleright E_1 = \frac{1}{2} \cdot 27 \cdot 1 \cdot K_{AR-1} = 1'152 \quad \begin{cases} E_{h-1} = E_1 \cdot \cos \sigma_1 = 4'647 \text{ kN} \\ E_{v-1} = E_1 \cdot \sin \sigma_1 = 5'437 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{2-1} = 27 \cdot 1 \cdot 15 \cdot \frac{\sin(70)}{\sin(70+10)} ; K_{AR-1} = 20'473 \quad \begin{cases} E_{2h-1} = E_{2-1} \cdot \cos \sigma_1 = 13'302 \text{ kN} \\ E_{2v-1} = E_{2-1} \cdot \sin \sigma_1 = 15'563 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{t-1} = \frac{1}{2} (27 \cdot 18) \cdot 15^2 ; K_{AR-1} = 10'251 \quad \begin{cases} E_{th-1} = E_{t-1} \cdot \cos \sigma_1 = 6'660 \text{ kN} \\ E_{tv-1} = E_{t-1} \cdot \sin \sigma_1 = 7'793 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{SC-1} = 10 \cdot 25 \cdot \frac{\sin(70)}{\sin(70+10)} ; K_{AR-1} = 12'638 \quad \begin{cases} E_{Sch-1} = E_{SC-1} \cdot \cos \sigma_1 = 8'211 \text{ kN} \\ E_{SCv-1} = E_{SC-1} \cdot \sin \sigma_1 = 9'607 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{W-1} = \frac{98}{2} \cdot 15^2 = 11'025 \quad \begin{cases} E_{Wh-1} = E_{W-1} \cdot \cos(90 - 70) = 10'360 \text{ kN} \\ E_{Wv-1} = E_{W-1} \cdot \sin(90 - 70) = 3'711 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{t-2} = \frac{(27 \cdot 18)}{2} \cdot 55^2 ; K_{AR-2} = 109'609 \quad \begin{cases} E_{th-2} = E_{t-2} \cdot \cos \sigma_2 = 90'928 \text{ kN} \\ E_{tv-2} = E_{t-2} \cdot \sin \sigma_2 = 61'208 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{2-2} = 27 \cdot 1 \cdot 55 \cdot \frac{\sin(80)}{\sin(80+10)} ; K_{AR-2} = 61'617 \quad \begin{cases} E_{2h-2} = E_{2-2} \cdot \cos \sigma_2 = 51'115 \text{ kN} \\ E_{2v-2} = E_{2-2} \cdot \sin \sigma_2 = 34'408 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{SC-2} = 10 \cdot 55 \cdot \frac{\sin(80)}{\sin(80+10)} ; K_{AR-2} = 22'821 \quad \begin{cases} E_{Sch-2} = E_{SC-2} \cdot \cos \sigma_2 = 18'932 \text{ kN} \\ E_{SCv-2} = E_{SC-2} \cdot \sin \sigma_2 = 12'744 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{t-1-2} = (27 \cdot 18) \cdot 15 \cdot 55 \cdot \frac{\sin(80)}{\sin(80+10)} ; K_{AR-2} = 58'879 \quad \begin{cases} E_{th-1-2} = E_{t-1-2} \cdot \cos \sigma_2 = 48'843 \text{ kN} \\ E_{tv-1-2} = E_{t-1-2} \cdot \sin \sigma_2 = 32'879 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{W-2} = \frac{98}{2} \cdot 55^2 = 148'225 \text{ kN} \quad \begin{cases} E_{Wh-2} = E_{W-2} \cdot \cos(90 - 80) = 145'973 \text{ kN} \\ E_{Wv-2} = E_{W-2} \cdot \sin(90 - 80) = 25'939 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_{W-1-2} = 98 \cdot 15 \cdot 55 \cdot \frac{\sin(80)}{\sin(80+10)} ; K_{AR-2} = 33'547 \quad \begin{cases} E_{Wh-1-2} = E_{W-1-2} \cdot \cos \sigma_2 = 27'829 \text{ kN} \\ E_{Wv-1-2} = E_{W-1-2} \cdot \sin \sigma_2 = 18'733 \text{ kN} \end{cases}$$

$$\triangleright E_S = \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot (8-1) \cdot 4 = 1372$$

## FACTORS DE SEGURETAT

$$FSV = \frac{78'875 \cdot 1201 + 235'006 \cdot 2335 + 60'42 + 66'123 \cdot 3413 + 19'719 \cdot 1'952 + 9'825 \cdot 2'143 + 34'122 \cdot 2512}{[4'647 \cdot 7333 + 13'302 \cdot 625 + 6'660 \cdot 6 + 8'211 \cdot 675 + 10'360 \cdot 6 + 90'928 \cdot 1833 + 51'115 \cdot 275 + 18'932 \cdot 275 + 48'843 \cdot 275 + 145'973 \cdot 1833 + 27'829 \cdot 275] - [5'437 \cdot 2'51 + 15'563 \cdot 2'85 + 7'793 \cdot 2'734 + 9'607 \cdot 2'663 + 3'711 \cdot 2'936 + 61'208 \cdot 3'765 + 34'408 \cdot 3'603 + 12'744 \cdot 3'603 + 32'879 \cdot 3'603 + 25'939 \cdot 3'765 + 18'733 \cdot 3'603]} = 113'725$$

$$FSI = \frac{1'133'421}{679'251} = 1'668$$

$$FSL = \frac{(78'875 + 235'006 + 60'42 + 66'123 + 19'719 + 9'825 + 34'122 + 5'437 + 15'563 + 7'793 + 9'607 + 3'711 + 61'208 + 34'408 + 12'744 + 32'879 + 25'939 + 18'733 - 1372) \cdot 4 \cdot 294}{4'647 + 13'302 + 6'660 + 8'211 + 10'360 + 90'928 + 51'115 + 18'932 + 48'843 + 145'973 + 27'829} = 113'725$$

$$FSL = \frac{334'833}{426'8} = 0785$$

$\frac{A_{11B} \text{ RASTRELL} = \text{Base/S}}{K_P = \frac{1}{5} \left( \frac{b}{s} \right)^2 (27 - 18) \cdot K_P = 16'512 = E_{ph}} \Rightarrow FSL = \frac{334'833 + E_{ph}}{426'8} = 0823$



## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur de gravetat sense rasclat

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☒ Trasdós quebrat      Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total       Urpa   
Alçada superior       Coronació   
Alçada fonament       Coronació Total   
Base       Inclinació Trasdós

CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
<p>Factor de Seqüentat al Bolcament</p> <p>Ka_1 <input type="text" value="0,530"/> Ka_2 <input type="text" value="0,421"/></p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="1.133,356"/> Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="634,559"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="1,786"/></p> <p>Factor de Seqüentat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadors <input type="text" value="349,028"/> Sumatori de Forces Destabilitzadors <input type="text" value="436,665"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,799"/></p>	<p>Delta Rankine <input type="text" value="29,479"/> Delta Rankine2 <input type="text" value="23,946"/></p> <p>Factor de Seqüentat al Bolcament</p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="1.133,356"/> Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="678,060"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="1,671"/></p> <p>Factor de Seqüentat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadors <input type="text" value="334,892"/> Sumatori de Forces Destabilitzadors <input type="text" value="426,800"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,785"/></p>
<p><b>SISTEMA AMERICÀ</b></p> <p>Ka Amèrica <input type="text"/></p> <p>Factor de Seqüentat al Bolcament</p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text"/> Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text"/></p> <p>Factor de Seqüentat al Lliscament</p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadors <input type="text"/> Sumatori de Forces Destabilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text"/></p>	

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur de gravetat amb rasclet

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ **Exercici 90324**

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

**Mur de gravetat**

DESCRIPCIÓ **Exercici 90324**

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☒ Personalitzar escala

☒ Trasdos quebrat      Inclinació quebrat  °  
Alçada quebrat  m

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☒ Rasclet (Opcional)

Alçada total       Urpa

Alçada superior       Coronació

Alçada fonament       Coronació Total

Base       Inclinació Trasdos

**CALCULAR SEGONS COULOMB**

Ka\_1

Ka\_2

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors

Sumatori de Forces Destavilitzadors

**F.S.LI.**

**CALCULAR SEGONS RANKINE**

Delta Rankine

Delta Rankine2

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors

Sumatori de Forces Destavilitzadors

**F.S.LI.**

**SISTEMA AMERICÀ**

Ka Americà

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors

Sumatori de Forces Destavilitzadors

**F.S.LI.**

## **Exercici 9-03-25**

**Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur sense taló amb el trasdos quebrat, el de la zona inferior inclinat  $100^\circ$  i 5,5m d'alçada i el superior de  $85^\circ$  i 2,5m d'alçada, conté un terreny de 8m d'alçada amb nivell freàtic de 4m de potencia i càrrega superior.**

**Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema mur gravetat amb les empentes segons Coulomb.**

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

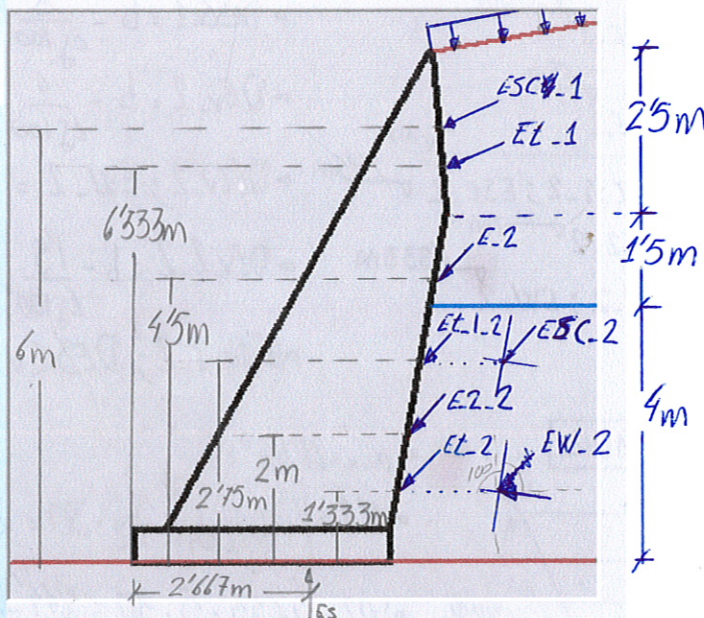
### DESCRIPCIÓ Exercici 90325

Alçada	8	m
Angle de fregament intern	30	°
Inclinació del Terreny	10	°
Càrrega superior	10	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	4	m
Densitat natural del Terrey	27	KN/m <sup>3</sup>

Densitat del Mur	30	KN/m <sup>3</sup>
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	27	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	21'4	°

### Mur de gravetat

### DESCRIPCIÓ Exercici 90325\_Q85



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/200

☐ Personalitzar escala

☒ Trasdos quebrat

Inclinació quebrat 85

### DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

Alçada total	8,000	Urpa	0,5
Alçada superior	7,500	Coronació	0,7
Alçada cimentació	0,5	Coronació Total	0,040
Base	4	Inclinació Trasdos	100

“Alçada del Quebrat =  $(1/3) \cdot h$ ”

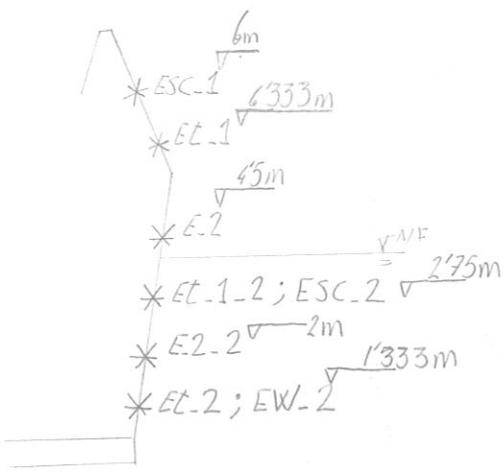
### COULOMB

$$\begin{aligned}
 &K_{a1} = 0'389627; \quad \alpha_1 = 27 + (90 - 85) = 32^\circ; \quad K_{a2} = 0'25834; \quad \alpha_2 = 27 + (90 - 100) = 17^\circ \\
 &E_{t1} = \frac{1}{2} \cdot 2'5^2 \cdot 27 \cdot K_{a1} = 32'875 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{th1} &= E_{t1} \cdot \cos \alpha_1 = 27'879 \text{ kN} \checkmark \\ E_{tv1} &= E_{t1} \cdot \sin \alpha_1 = 17'421 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 &E_{s1} = 10 \cdot 2'5 \cdot \frac{\sin(85)}{\sin(85+10)} \cdot K_{a1} = 9'741 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{sch1} &= E_{s1} \cdot \cos \alpha_1 = 8'261 \text{ kN} \checkmark \\ E_{sv1} &= E_{s1} \cdot \sin \alpha_1 = 5'162 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 &E_{t2} = \frac{1}{2} \cdot 1'5^2 \cdot 27 \cdot K_{a2} = 7'847 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{th2} &= E_{t2} \cdot \cos \alpha_2 = 7'504 \text{ kN} \checkmark \\ E_{tv2} &= E_{t2} \cdot \sin \alpha_2 = 2'294 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 &E_{t2.2} = \frac{1}{2} \cdot 4^2 \cdot (27 \cdot 98) \cdot K_{a2} = 35'548 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{th2.2} &= E_{t2.2} \cdot \cos \alpha_2 = 33'994 \text{ kN} \checkmark \\ E_{tv2.2} &= E_{t2.2} \cdot \sin \alpha_2 = 10'393 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 &E_{t2.2} = (1'5 \cdot 27) \cdot 4 \cdot \frac{\sin(100)}{\sin(100+10)} \cdot K_{a2} = 43'861 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{th2.2} &= E_{t2.2} \cdot \cos \alpha_2 = 41'944 \text{ kN} \checkmark \\ E_{tv2.2} &= E_{t2.2} \cdot \sin \alpha_2 = 12'824 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 &E_{s2} = 10 \cdot 5'5 \cdot \frac{\sin(100)}{\sin(100+10)} \cdot K_{a2} = 14'891 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{sch2} &= E_{s2} \cdot \cos \alpha_2 = 14'240 \text{ kN} \checkmark \\ E_{sv2} &= E_{s2} \cdot \sin \alpha_2 = 4'354 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right. \\
 &E_{t1.2} = (2'5 \cdot 27) \cdot 5'5 \cdot \frac{\sin(100)}{\sin(100+10)} \cdot K_{a2} = 100'514 \quad \left\{ \begin{aligned} E_{th1.2} &= E_{t1.2} \cdot \cos \alpha_2 = 96'122 \text{ kN} \checkmark \\ E_{tv1.2} &= E_{t1.2} \cdot \sin \alpha_2 = 29'387 \text{ kN} \checkmark \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$E_{W-2} = \frac{1}{2} \cdot 4^2 \cdot 98 = 78'4$ 
 $E_{W/h-2} = E_{W-2} \cdot \cos(90-100) = 77'209 \text{ KN} \checkmark$ 
 $E_{WV-2} = E_{W-2} \cdot \sin(90-100) = -13'614 \text{ KN} \checkmark$

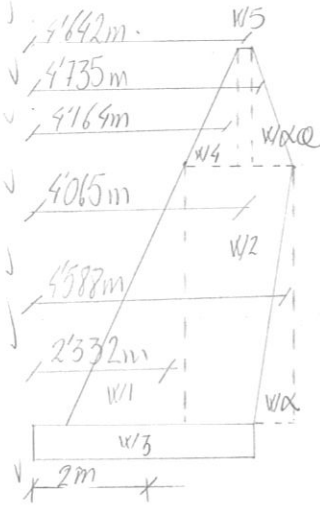
DISTANCIAS DE LAS VERTICALES

$E_s = \frac{1}{2} \cdot 98 \cdot (8-4) \cdot 4 = 78'4 \text{ KN}$



$\triangleright D_{ET-1} = b - \frac{5}{\tan 100} - \frac{1'833}{\tan 85} = 4'809 \text{ m} \checkmark$   
 $\triangleright D_{ESC-1} = b - \frac{5}{\tan 100} - \frac{1'25}{\tan 85} = 4'772 \text{ m} \checkmark$   
 $\triangleright D_{E-2} = b - \frac{4}{\tan 100} = 4'705 \text{ m} \checkmark$   
 $\triangleright D_{ET-2; EW-2} = b - \frac{(1'333-0'5)}{\tan 100} = 4'147 \text{ m} \checkmark$   
 $\triangleright D_{E-2-2} = b - \frac{1'5}{\tan 100} = 4'264 \text{ m} \checkmark$   
 $\triangleright D_{ET-1-2; D_{ESC-2}} = b - \frac{2'25}{\tan 100} = 4'397 \text{ m} \checkmark$

FORCES DEL MUR



$\alpha_m = 61'204^\circ$   
 $\triangleright W1 = \left[ \frac{5}{\tan 1204} \right] \cdot \frac{5}{2} \cdot 30 = 206'124 \text{ KN} \checkmark$   
 $\triangleright W2 = 1'633 \cdot 5 \cdot 30 = 244'950 \text{ KN} \checkmark$   
 $\triangleright Wx = \left[ \frac{5}{\tan 100} \right] \cdot \frac{5}{2} \cdot 30 = -66'123 \text{ KN} \checkmark$   
 $\triangleright W4 = \left[ \frac{2'5}{\tan 61'204} \right] \cdot \frac{2'5}{2} \cdot 30 = 51'531 \text{ KN} \checkmark$   
 $\triangleright W5 = 1'04 \cdot 2'5 \cdot 30 = 3'000 \text{ KN} \checkmark$   
 $\triangleright Wx2 = \left[ \frac{2'5}{\tan 85} \right] \cdot \frac{2'5}{2} \cdot 30 = 8'202 \text{ KN} \checkmark$   
 $\triangleright W3 = 4 \cdot 0'5 \cdot 30 = 60 \text{ KN} \checkmark$

FACTORS SEURETAT

$FSV = \frac{206'124 \cdot 2'532 + 244'95 \cdot 4'065 + 60 \cdot 2 + (-66'123 \cdot 4'588) + 51'531 \cdot 4'169 + 3 \cdot 4'642 + 8'202 \cdot 4'735}{24'879 \cdot 6'333 + 8'261 \cdot 6'75 + 7'504 \cdot 4'5 + 33'994 \cdot 1'333 + 41'944 \cdot 2 + 14'24 \cdot 2'75 + 16'122 \cdot 2'75 + 77'209 \cdot 1'333} = \frac{1560'38}{701'888} = 2'223 \checkmark$   
 $\Rightarrow FSB = 2'223 \checkmark$   
 $FSL = \frac{(206'124 + 244'95 + 60 - 66'123 + 51'531 + 3 + 8'202 + 17'421 + 5'162 + 2'294 + 10'393 + 12'824 + 4'354 + 29'387 - 78'4) \cdot \tan 29'4}{27'879 + 8'261 + 7'504 + 33'994 + 41'944 + 14'24 + 16'122 + 77'209} = \frac{2'88'05}{307'153} = 0'938 \checkmark$

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur de gravetat sense rasplet

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ **Exercici 90325**

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

**Mur de gravetat**

DESCRIPCIÓ **Exercici 90325**

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☒ Trasdos quebrat      Inclinació quebrat  °  
Alçada quebrat  m

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total	<input type="text" value="8"/>	Urpa	<input type="text" value="0,5"/>
Alçada superior	<input type="text" value="7,500"/>	Coronació	<input type="text" value="0,7"/>
Alçada fonament	<input type="text" value="0,5"/>	Coronació Total	<input type="text" value="0,040"/>
Base	<input type="text" value="4"/>	Inclinació Trasdos	<input type="text" value="100"/>

CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE		
<p><u>Factor de Seguretat al Bolcament</u></p> <p>Ka_1 <input type="text" value="0,390"/></p> <p>Ka_2 <input type="text" value="0,258"/></p> <p>Sumatori MEstavilitzadors <input type="text" value="1,560,809"/></p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text" value="701,938"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="2,224"/></p> <p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors <input type="text" value="288,048"/></p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors <input type="text" value="307,154"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,938"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Bolcament</u></p> <p>Sumatori MEstavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text"/></p> <p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text"/></p>		
<p><b>SISTEMA AMERICÀ</b></p> <p>Ka Americà <input type="text"/></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td> <p><u>Factor de Seguretat al Bolcament</u></p> <p>Sumatori MEstavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text"/></p> </td> <td> <p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text"/></p> </td> </tr> </table>		<p><u>Factor de Seguretat al Bolcament</u></p> <p>Sumatori MEstavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text"/></p>
<p><u>Factor de Seguretat al Bolcament</u></p> <p>Sumatori MEstavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text"/></p>	<p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estavilitzadors <input type="text"/></p> <p>Sumatori de Forces Destavilitzadors <input type="text"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text"/></p>		

## **Problema 10, segon tipus de mur**

**Es demana el càlcul dels factors de seguretat d'un mur sense taló amb el trasdos recte, conté un terreny de 6m d'alçada amb nivell freàtic de 2m de potencia, sense càrrega superior.**

**Els càlculs es realitzaran aplicant el sistema mur gravetat amb les empentes segons Coulomb i segons Rankine, que seran iguals ja que s'utilitzarà l'angle de fregament implícit en el sistema de Rankine pel el trados del mur en el sistema de Coulomb.**



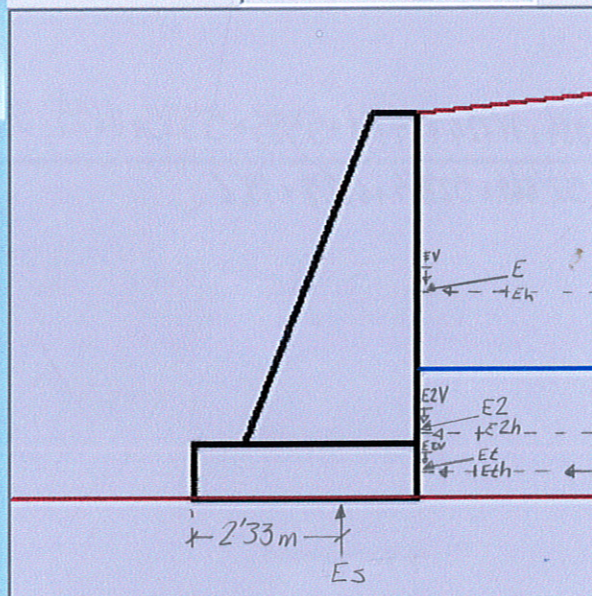
# CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Problema 10\_nf=4m

Alçada	6	m
Angle de fregament intern	30	°
Inclinació del Terreny	6	°
Càrrega superior	0	KN/m
Nivell freàtic des de coronació	4	m
Densitat natural del Terreny	19,6	KN/m3
Densitat del Mur	21,56	KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	6	°
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	28,5	°

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Problema 10\_Mur 2



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/200

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat

Inclinació quebrat 90,00

Alçada quebrat 1,717

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclet (Opcional)

Alçada total	6	Urpa	0,8
Alçada superior	5,150	Coronació	0,7
Alçada fonament	0,85		
Base	3,5	Inclinació Trasdos	90

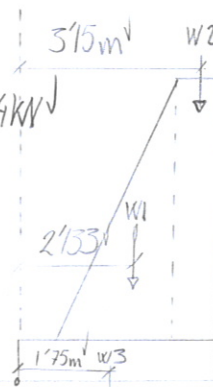
COULOMB = RANKINE  
 $\delta = \beta$

$$K_a = 0.339 \quad \gamma = \delta = 6^\circ$$

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{1}{2} \cdot 19.6 \text{ KN/m}^3 \cdot (4 \text{ m})^2 \cdot 0.339 = 53.1552 \text{ KN} \\
 E_2 &= (19.6 \cdot 4) \cdot (6-4) \text{ m} \cdot (\text{amb } \alpha = 90^\circ \text{ NO apliquem } \alpha) \cdot 0.339 = 53.1552 \text{ KN} \\
 E_t &= \frac{1}{2} (19.6 - 9.8) \cdot 2^2 \cdot 0.339 = 6.644 \text{ KN} \\
 E_w &= \frac{1}{2} \cdot 9.8 \cdot 2^2 = 19.6 \text{ KN} \\
 E_s &= \frac{1}{2} \cdot 9.8 \cdot 2 \text{ m} \cdot 3.5 \text{ m} = 34.3 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

FORCES DEL MUR

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \frac{1}{2} (6 - 0.85) (3.5 - 0.7 - 0.8) \cdot 21.56 = 111.84 \text{ KN} \\
 W_2 &= (6 - 0.85) \cdot 0.7 \cdot 21.56 = 77.724 \text{ KN} \\
 W_3 &= 0.85 \cdot 3.5 \cdot 21.56 = 64.141 \text{ KN}
 \end{aligned}$$





# FACTORS DE SECURETAT

$$\underline{\underline{FSB}} = \frac{111'034 \cdot 2'133 + 77'724 \cdot 3'15 + 64'141 \cdot 1'75}{(52'864 \cdot 3'33 + 52'864 \cdot 1 + 6'607 \cdot 0'667 + 196 \cdot 0'667) - (5'555 + 5'555 + 0'694) \cdot 3'5 + 34'3 \cdot 2'33} = \frac{593'913}{284'986} = 2'08 \checkmark$$

$$\underline{\underline{FSLP}} = \frac{[111'034 + 77'724 + 64'141 + 5'555 + 5'555 + 0'695 - 34'3] \cdot \lg 2'5^{\circ}}{52'864 + 52'864 + 6'608 + 19'6} = \frac{125'099}{131'936} = 0'948 \checkmark$$

## SOLUCIÓ SEGONS DIMUR, mur de gravetat sense rasplet

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ **Problema 10\_nf=4m**

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m3

---

Densitat del Mur  KN/m3

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ **Problema 10\_Mur 2**



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat      Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total       Urpa

Alçada superior       Coronació

Alçada fonament

Base       Inclinació Trasdos

CALCULAR SEGONS COULOMB	CALCULAR SEGONS RANKINE
Ka Coulomb <input type="text" value="0,339"/>	Ka Rankine <input type="text" value="0,339"/> Delta Rankine <input type="text" value="6,000"/>
<u>Factor de Seguretat al Bolcament</u>	
Sumatori MEstavilitzadors <input type="text" value="593,949"/>	Sumatori MEstavilitzadors <input type="text" value="593,949"/>
Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text" value="285,221"/>	Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text" value="285,221"/>
<b>F.S.B.</b> <input type="text" value="2,082"/>	<b>F.S.B.</b> <input type="text" value="2,082"/>
<u>Factor de Seguretat al Lliscament</u>	
Sumatori Forces Estavilitzadores <input type="text" value="125,099"/>	Sumatori Forces Estavilitzadores <input type="text" value="125,099"/>
Sumatori de Forces Destavilitzadores <input type="text" value="131,914"/>	Sumatori de Forces Destavilitzadores <input type="text" value="131,914"/>
<b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,948"/>	<b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="0,948"/>
<b>SISTEMA AMERICÀ</b>	
Ka Amèrica <input type="text"/>	
<u>Factor de Seguretat al Bolcament</u>	
Sumatori MEstavilitzadors <input type="text"/>	Sumatori Forces Estavilitzadores <input type="text"/>
Sumatori MDesestavilitzadors <input type="text"/>	Sumatori de Forces Destavilitzadores <input type="text"/>
<b>F.S.B.</b> <input type="text"/>	<b>F.S.LI.</b> <input type="text"/>

**SEGONA PART:**

**Exàmens de la carrera durant el període  
del 2001 al 2005**

## **Examen de geotècnia del 23 de Maig de 2001**

- d) Pilotes empotrados en las gravas pero de diámetro superior al usado en los cálculos (al menos 45 cm) para garantizar factores de seguridad suficientes en todos los casos.
- e) Pilotes flotantes en las arcillas y arenas pero sin necesidad de ser empotrados en las gravas lo que requiere una solución con un diámetro superior al usado en los cálculos (al menos 45 cm) para garantizar factores de seguridad suficientes en todos los casos.
- (a) Incluso en el caso de rozamiento negativo en la arcilla, el hundimiento y la condición de tope estructural son aceptables en los pilotes de 31 m.

Se desea dimensionar un muro de gravedad con trasdós vertical para salvar un desnivel de 4 m en un terreno inclinado ( $\beta = 8^\circ$ ,  $\gamma_u = 2 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 30^\circ$ ) con el nivel freático por debajo de la base del muro. La anchura en coronación del mismo es de 0,5 m y la anchura de la base se variará para obtener factores de seguridad aceptables. Por simplicidad del análisis se puede suponer un empotramiento nulo en la base del muro. El peso específico del hormigón es de  $2,4 \text{ t/m}^3$  y puede tomarse  $\delta = \phi$  en el contacto entre muro y terreno en la base, mientras que en el trasdós se adoptará  $\delta = \beta$ .

25. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta respecto a la expresión a usar para el cálculo de empujes en este caso:

- a) La hipótesis  $\delta = \beta$  permite usar el método de Rankine para el cálculo de empujes.
- b) La hipótesis  $\delta = \beta$  implica que necesariamente se debe usar el método de Rankine para el cálculo de empujes.
- c) La hipótesis  $\delta = \beta$  impide la utilización del método de Coulomb para el cálculo de empujes.
- d) La hipótesis  $\delta = \beta$  implica que necesariamente se debe usar el método de Coulomb para el cálculo de empujes.
- e) La hipótesis  $\delta = \beta$  impide la utilización del método de Rankine para el cálculo de empujes.

(a)

26. Calcular el empuje total (t) causado por el terreno sobre el muro:

- a) <5    b) 5 - 10    c) 10 - 15    d) 15 - 20    e) >20

(b)  $K_a = 0,34$ ,  $E = 0,5 \times 2 \times 0,3434 \times 4 \times 4 = 5,5 \text{ t}$

27. Determinar el ancho (m) necesario de la base del muro para obtener un factor de seguridad al vuelco de 1,5.

- a) <0,5    b) 0,5 - 1    c) 1 - 2    d) 2 - 3    e) >3

(c)  $W1 = 0,5 \times 4 \times 2,4$ , distancia = (b-0,25)

$W2 = (b-0,5) \times 4 / 2 \times 2,4$ , distancia = (2/3)(b-0,5)

$Eh = 5,5 \cos 8$ , distancia = (1/3) × 4

$Ev = 5,5 \sin 8$ , distancia = b

$FS = 1,5 = (W1 \times d1 + W2 \times d2) / (Eh \times (4/3) - Ev \times b)$ ,  $b = 1,5 \text{ m}$

28. Determinar el ancho (m) necesario de la base del muro para obtener un factor de seguridad al deslizamiento de 1,5.

- a) <0,5    b) 0,5 - 1    c) 1 - 2    d) 2 - 3    e) >3

(d)  $W = (b+0,5) / 2 \times 4 \times 2,4$ ,  $Ev = 5,5 \sin 8 = 0,76$

$Eh = 5,5 \cos 8 = 5,44 \text{ t}$

$FS = ((b+0,5) / 2 \times 4 \times 2,4 + 0,76) \tan(30) / 5,44 = 1,5$ ,  $b = 2,3 \text{ m}$

29. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto a la seguridad al vuelco del muro.

- a) Si el factor de seguridad al vuelco es negativo, deben aumentarse las dimensiones del muro hasta alcanzar un valor aceptable ( $>1,5$ ).
- b) Si el momento resultante causado por el empuje del terreno a efectos de vuelco es negativo, indica que la resultante de todos los esfuerzos no pasa por el núcleo central de la base.
- c) No es posible obtener un factor de seguridad al vuelco negativo.

23/05/2001

- d) Si el momento volcador de los empujes del terreno respecto a un punto es negativo, indica que la resultante de los mismos deja dicho punto en el lado contrario al supuesto.  
e) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

(d)

30. En el caso de que se produzca una carga repartida en la superficie del terreno de  $1.5 \text{ t/m}^2$  el incremento de empuje a considerar será:

- a) <5      b) 5 - 10      c) 10 - 15      d) 15 - 20      e) >20

a)  $K_a=0,34$ ,  $E_{carga} = 1,5 \times 0,3434 \times 4 = 2,06 \text{ t}$

$$1,5 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \times \frac{22 \text{ kN}}{\text{t}} = 14,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

31. Determinar el ancho (m) necesario de la base del muro para obtener un factor de seguridad al vuelco de 1,5.

- a) <0,5      b) 0,5 - 1      c) 1 - 2      d) 2 - 3      e) >3

(d y c)  $W1=0,5 \times 4 \times 2,4$ , distancia=(b-0,25)

$W2=(b-0,5) \times 4 / 2 \times 2,4$ , distancia=(2/3)(b-0,5)

Terreno:  $Eh=5,5 \cos 8$ , distancia = (1/3)x4

Terreno:  $Ev=5,5 \sin 8$ , distancia = b

Sobrecarga:  $Eh=2,06 \cos 8$ , distancia = (1/2)x4

Sobrecarga:  $Ev=2,06 \sin 8$ , distancia = b

FS=1,5,  $b=2 \text{ m}$

32. Determinar el ancho (m) necesario de la base del muro para obtener un factor de seguridad al deslizamiento de 1,5.

- a) <0,5      b) 0,5 - 1      c) 1 - 2      d) 2 - 3      e) >3

(e)  $W=(b+0,5)/2 \times 4 \times 2,4$ ,  $Ev=5,5 \sin 8 = 0,76$ ,  $Ev=2,06 \sin 8 = 0,29$

$Eh=5,5 \cos 8 = 5,44 \text{ t}$ ,  $Eh=2,06 \cos 8 = 2,04 \text{ t}$

FS=((b+0,5)/2x4x2,4+0,76+0,29)tan(30)/(5,44+2,04) = 1,5,  $b = 3,3 \text{ m}$

Pregunta 27: **Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.B.= 1,5**

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

### DESCRIPCIÓ

Examen 23/05/2001

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Examen 23/05/2001

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/100

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total  Urpa

Alçada superior  Coronació

Alçada fonament

Base  Inclinació Trasdos

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

**F.S.B. 1,506**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadors

Sumatori de Forces  
Destabilitzadors

**F.S.LI 1,100**

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine  Delta Rankine

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

**F.S.B. 1,506**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadors

Sumatori de Forces  
Destabilitzadors

**F.S.LI 1,100**

Pregunta 28: Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.LI.= 1,5

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

---

**DESCRIPCIÓ** Examen 23/05/2001

---

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

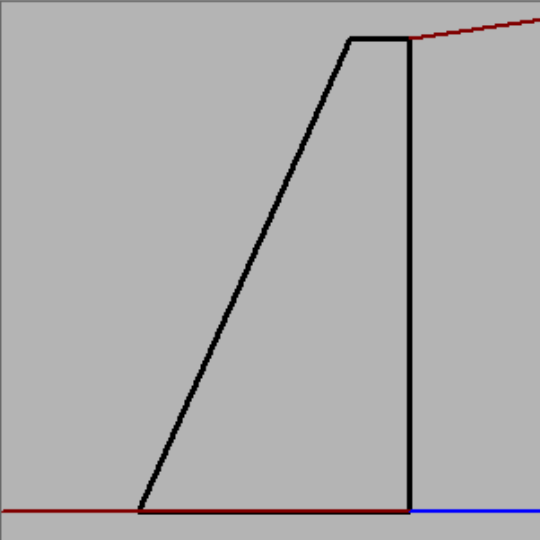
Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

**Mur de gravetat**

**DESCRIPCIÓ** Examen 23/05/2001



**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/**

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat      Inclinació quebrat   
    Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total       Urpa

Alçada superior       Coronació

Alçada fonament

Base       Inclinació Trasdos

**CALCULAR SEGONS COULOMB**

Ka Coulomb

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors

Sumatori MDesestabilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

Sumatori de Forces Destabilitzadores

**F.S.LI.**

**CALCULAR SEGONS RANKINE**

Ka Rankine       Delta Rankine

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors

Sumatori MDesestabilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

Sumatori de Forces Destabilitzadores

**F.S.LI.**



Pregunta 31: **Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.B.= 1,5**

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

---

**DESCRIPCIÓ** Examen 23/05/2001

---

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

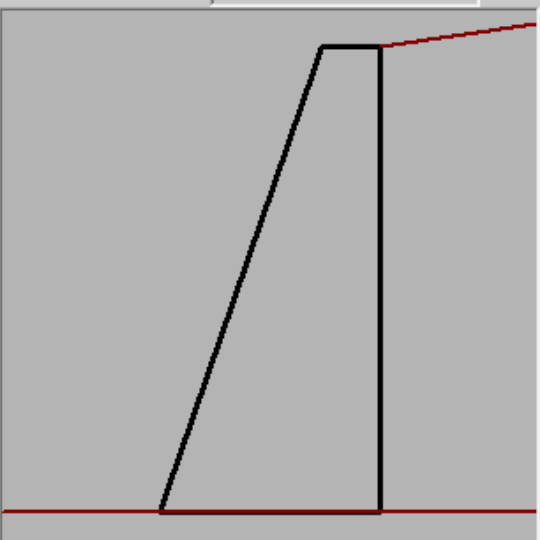
Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

**Mur de gravetat**

**DESCRIPCIÓ** Examen 23/05/2001



**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/**

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdós quebrat      Inclinació quebrat   
    Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total       Urpa

Alçada superior       Coronació

Alçada fonament

Base       Inclinació Trasdós

**CALCULAR SEGONS COULOMB**

Ka Coulomb

Factor de Seuretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seuretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors

Sumatori de Forces Destavilitzadors

**F.S.LI**

**CALCULAR SEGONS RANKINE**

Ka Rankine     Delta Rankine

Factor de Seuretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seuretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadors

Sumatori de Forces Destavilitzadors

**F.S.LI**

Pregunta 32: **Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.LI.= 1,5**

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Examen 23/05/2001

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

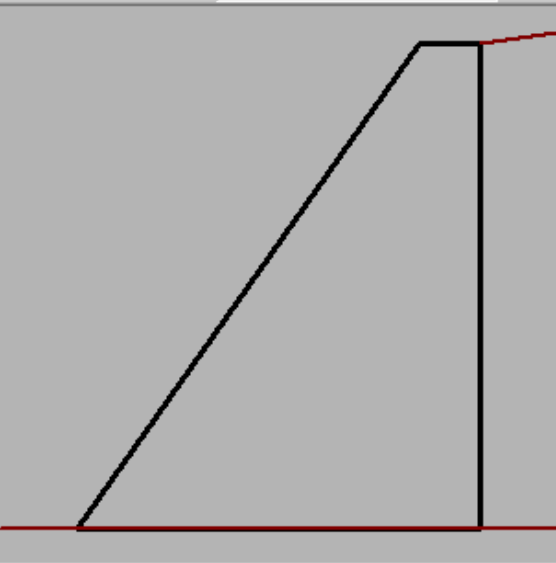
Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Examen 23/05/2001



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total  Urpa

Alçada superior  Coronació

Alçada fonament

Base  Inclinació Trasdos

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors

Sumatori MDesestabilitzadors

F.S.B.

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

Sumatori de Forces Destabilitzadores

F.S.LI.

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine  Delta Rankine

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors

Sumatori MDesestabilitzadors

F.S.B.

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

Sumatori de Forces Destabilitzadores

F.S.LI.

## **Examen de geotècnia del 11 de Juny de 2002**

$2 \cdot 0.3^2 / (1 - 0.3) = 673 \text{ t/m}^2$  donde se ha supuesto un coeficiente de Poisson de 0.3 que correspondería al comportamiento drenado de la arcilla. El primer subestrato no da lugar a asiento diferido por ser la capa de arena. El segundo va desde los 2 m hasta los 4 m, y se encuentra en la arcilla. El centro se encuentra en  $z = 3 \text{ m}$ ,  $z/(B/2) = 1.2$  y se toma  $\Delta\sigma_v/p = 0.75$ . El tercero va desde los 4 m hasta los 6 m, el centro se encuentra en  $z = 5 \text{ m}$ ,  $z/(B/2) = 2$  y se toma  $\Delta\sigma_v/p = 0.55$ . El cuarto va desde los 6 m hasta los 8 m, y tiene el centro en  $z = 7 \text{ m}$ ,  $z/(B/2) = 2.8$  y se toma  $\Delta\sigma_v/p = 0.40$ . El quinto va desde los 8 m hasta los 10 m y tiene el centro en  $z = 9 \text{ m}$  y  $z/(B/2) = 0.34$ . El asiento diferido es por tanto  $s = (50/5) \cdot 2/673 \cdot (0.75 + 0.55 + 0.40 + 0.34) = 6 \text{ cm}$ .

19'6 KN/m<sup>3</sup>

Se desea dimensionar un muro en  $L$  con talón, sin zarpa y con anchura de base  $B$  para salvar un desnivel de  $H = 6 \text{ m}$  de altura en un terreno con superficie horizontal ( $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 30^\circ$ ). El ángulo de fricción terreno-hormigón se estima en  $\delta = 0.8\phi$  para la base del muro. Adicionalmente, no se considera la posible resistencia pasiva que pudiera aportar el terreno en el intradós. El nivel freático se encuentra por debajo de la base del muro. Para los cálculos de estabilidad se considerará el método americano y por simplicidad se tomará el mismo peso específico en el muro que en el terreno, es decir,  $\gamma_{\text{muro}} = 2 \text{ t/m}^3$ , lo cual deja del lado de la seguridad.

25. Indicar cuál de las siguientes aproximaciones es correcta en el método americano para la comprobación de muros en  $L$ .

- a) Trasdós ficticio vertical del muro por la base y fricción nula en dicho trasdós.
- b) Trasdós ficticio inclinado ( $\pi/4 + \phi/2$ ) del muro por la base y fricción nula en dicho trasdós.
- c) Trasdós ficticio inclinado ( $\pi/4 + \phi/2$ ) del muro por la base y fricción igual al rozamiento del terreno en dicho trasdós.
- d) Trasdós ficticio vertical del muro por la base y fricción igual al rozamiento del terreno en dicho trasdós.
- e) Trasdós quebrado siguiendo el trasdós real del muro y fricción menor que el rozamiento del terreno en dicho trasdós.

(a)

26. Indicar cuál de las siguientes expresiones es correcta para dimensionar el muro en condiciones de estabilidad al vuelco (factor de seguridad al vuelco:  $F_v$ ).

- a)  $B = H \sqrt{K_a / F_v}$
- b)  $B = H \sqrt{3F_v K_a}$
- c)  $B = H \sqrt{3F_v / K_a}$
- d)  $B = H \sqrt{3K_a / F_v}$
- e)  $B = H \sqrt{F_v K_a / 3}$

(e) Se trata de establecer el factor de seguridad con el momento estabilizador del peso y el volcador del empuje (es horizontal por tratarse del método americano).  $F_v = BH\gamma(1/2)B / [(1/2) \gamma K_a H^2 (1/3)H]$ . Al despejar  $B$  resulta la expresión de la opción e).

27. Determinar la anchura de la base del muro para un factor de seguridad al vuelco de 1.5.

- a)  $< 1$
- b) 1 a 2
- c) 2 a 3
- d) 3 a 4
- e)  $> 4$

(c) Se sustituye en la expresión anterior:  $B = H \sqrt{F_v K_a / 3} = 6 \sqrt{1.5 \cdot 0.33 / 3} = 2.45 \text{ m}$ .

28. Indicar cuál de las siguientes expresiones es correcta para dimensionar el muro en condiciones de estabilidad al deslizamiento (factor de seguridad al deslizamiento:  $F_d$ ).

- a)  $B = H \frac{K_a}{F_d 2 \tan \delta}$
- b)  $B = H \frac{K_a F_d}{2 \tan \delta}$
- c)  $B = H \frac{F_d}{K_a 2 \tan \delta}$
- d)  $B = HK_a F_d 2 \tan \delta$
- e)  $B = H \frac{2F_d}{K_a \tan \delta}$

(b) Se trata de establecer el factor de seguridad entre el esfuerzo de fricción en la base y el empuje (es horizontal por tratarse del método americano)  $F_d = BH\gamma \tan \delta / [(1/2) \gamma K_a H^2]$ . Al despejar  $B$  resulta la expresión de la opción b).

29. Determinar la anchura de la base del muro para un factor de seguridad al deslizamiento de 1.5.

- a)  $<1$       b) 1 a 2      c) 2 a 3      d) 3 a 4      e)  $>4$

(d) Se sustituye en la expresión anterior:  $B = H \frac{K_a F_d}{2 \tan \delta} = 6 \frac{0.33 \cdot 1.5}{2 \tan(0.80 \cdot 30)} = 3.33 \text{ m.}$

30. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta en este caso.

- a) Existe una altura de terreno mayor que 6 m en la que la condición de deslizamiento pasa a ser más restrictiva que la de vuelco.
- b) Existe una altura de terreno menor que 6 m en la que la condición de deslizamiento pasa a ser más restrictiva que la de vuelco.
- c) Existe una altura de terreno mayor que 6 m en la que la condición de vuelco pasa a ser más restrictiva que la de deslizamiento.
- d) Existe una altura de terreno menor que 6 m en la que la condición de vuelco pasa a ser más restrictiva que la de deslizamiento.
- e) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

(e) Tanto si  $B$  se obtiene por la condición de vuelco como si se obtiene por la condición de deslizamiento, es proporcional a  $H$ , por lo tanto en un caso particular, la condición más restrictiva lo es para todas las alturas.

31. En el caso de disponer una zarpa de longitud  $\alpha B$ , (donde  $B$  sigue siendo la anchura de la base del muro excluyendo la zarpa y  $\alpha < 1$ ), indicar cómo se vería modificada la anchura determinada con respecto al caso sin zarpa ( $B^{\text{sin zarpa}}$ ) para mantener la misma estabilidad al vuelco (despreciar el peso de la zarpa para este cálculo).

- a)  $B^{\text{con zarpa}} = B^{\text{sin zarpa}} / \sqrt{1+2\alpha}$
- b)  $B^{\text{con zarpa}} = B^{\text{sin zarpa}} / \sqrt{1-2\alpha}$
- c)  $B^{\text{con zarpa}} = B^{\text{sin zarpa}} \sqrt{1+2\alpha}$
- d)  $B^{\text{con zarpa}} = B^{\text{sin zarpa}} \sqrt{1-2\alpha}$
- e)  $B^{\text{con zarpa}} = B^{\text{sin zarpa}}$

(a) Sólo cambia el brazo del momento del peso:  $F_v = BH\gamma((1/2)B + \alpha B) / [(1/2)\gamma K_a H^2 (1/3)H]$ . Y la nueva  $B$  se puede expresar en función de la obtenida anteriormente.

32. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta en relación con la influencia de la zarpa:

- a) La influencia de la zarpa en la seguridad al deslizamiento es muy pequeña.
- b) La influencia de la zarpa en la seguridad al deslizamiento es del mismo orden que en el caso de vuelco.
- c) La zarpa influye decisivamente en la seguridad al deslizamiento porque aumenta la superficie de fricción y por tanto la mejora es proporcional.
- d) La zarpa empeora la seguridad al deslizamiento.
- e) La zarpa empeora la seguridad al vuelco.

(a) Su única influencia es en el aumento de peso del muro y por tanto en el esfuerzo tangencial en la base. Para zarpas normales, el aumento de peso es pequeño.

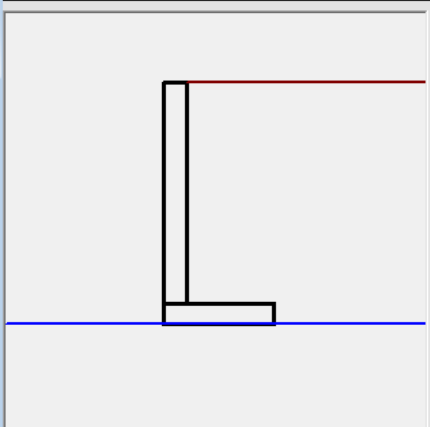
**Pregunta 27: Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.B.= 1,5**

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ	
Alçada	6 m
Angle de fregament intern	30 °
Inclinació del Terreny	0 °
Càrrega superior	0 KN/m
Nivell freàtic des de coronació	6 m
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m3
Densitat del Mur	19,6 KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	24 °
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ Examen 11/06/2002



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 200

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total	6	Urpa	0
Alçada superior	5,500	Taló	1,95
Alçada fonamentació	0,5	Coronació	0,5
Base	2,45	Inclinació Trasdós	90

**SISTEMA AMERICÀ**

Ka Amèrica 0,333

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors 352,947

Sumatori MDesestabilitzadors 235,200

**F.S.B. 1,501**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores 128,279

Sumatori de Forces Desestabilitzadores 117,600

**F.S.LI 1,091**

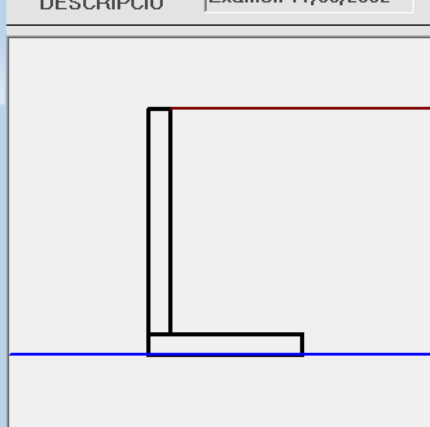
**Pregunta 29: Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.LI.= 1,5**

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ	
Alçada	6 m
Angle de fregament intern	30 °
Inclinació del Terreny	0 °
Càrrega superior	0 KN/m
Nivell freàtic des de coronació	6 m
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m3
Densitat del Mur	19,6 KN/m3
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	24 °
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ Examen 11/06/2002



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 200

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total	6	Urpa	0
Alçada superior	5,500	Taló	2,87
Alçada fonamentació	0,5	Coronació	0,5
Base	3,37	Inclinació Trasdós	90

**SISTEMA AMERICÀ**

Ka Amèrica 0,333

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori MEstabilitzadors 667,786

Sumatori MDesestabilitzadors 235,200

**F.S.B. 2,839**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores 176,449

Sumatori de Forces Desestabilitzadores 117,600

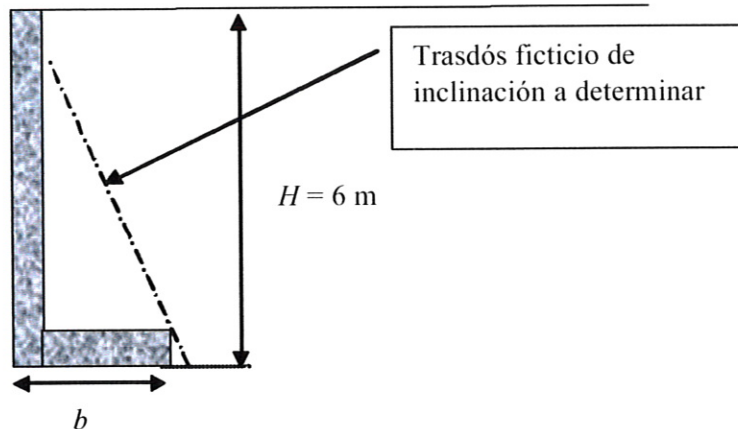
**F.S.LI 1,500**

## **Examen de geotècnia del 21 de Maig de 2003**



- d) Una función para determinar  $\alpha$  fue propuesta por Kerisel, pero en caso de usarla en este problema daría lugar a factores de reducción inferiores a 0.2, que resultan demasiado conservadores.
- e) No es posible considerar  $\alpha$  variable al no disponer de datos sobre la resistencia a la compresión simple del suelo.
- a) Por ejemplo, para una resistencia al corte sin drenaje de  $5 \text{ t/m}^2$  resulta  $\alpha = 0.7$  (aprox) y por tanto  $p_f = 5 \times 0.7 = 3.5 \text{ t/m}^2$  mientras que para  $10 \text{ t/m}^2$  (para  $z = 14 \text{ m}$ , aprox) resulta  $\alpha = 0.45$  (aprox) y por tanto  $p_f = 10 \times 0.45 = 4.5 \text{ t/m}^2$ . Como se ve, la resistencia por fuste crece menos con la profundidad que si  $\alpha$  se considera constante.

Se desea dimensionar un muro en L para salvar un desnivel de  $6 \text{ m}$  en un terreno horizontal ( $\gamma_s = 2 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 30^\circ$ ) con el nivel freático por debajo de su base, cuya anchura se variará para obtener factores de seguridad aceptables. Por simplicidad del análisis se puede suponer un empotramiento nulo en la base del muro y puede tomarse  $\delta = 0.8\phi$  en el contacto entre muro y terreno en la misma.



25. Determinar el ángulo respecto de la horizontal del trasdós ficticio inclinado que pase por la base del muro.

a)  $\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$     b)  $\frac{\pi}{4} + \frac{3\phi}{2}$     c)  $\frac{\pi}{4} + \phi$     d)  $\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}$     e)  $\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2}$

- a) La inclinación de dicho trasdós ficticio respecto a la horizontal es  $\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$  que es precisamente la inclinación que tienen los planos de rotura en el suelo en el estado activo.

26. Determinar el ángulo que formará el empuje total respecto al plano horizontal en el caso en que se determine dicho empuje sobre un trasdós ficticio inclinado que pase por la base del muro.

a)  $\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$     b)  $\frac{\pi}{4} + \frac{3\phi}{2}$     c)  $\frac{\pi}{4} + \phi$     d)  $\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}$     e)  $\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2}$

- a) La inclinación de dicho trasdós ficticio respecto a la horizontal es  $\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$  y por ser un trasdós en el que se produce un contacto entre dos partes de terreno, se tendrá  $\delta = \phi$ . Por tanto el ángulo del empuje respecto a la horizontal resultará ser de:  $(\frac{\pi}{2} - \alpha) + \delta = (\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}) + \phi = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$

27. Calcular el empuje total (t/m) causado por el terreno sobre el muro suponiendo que la anchura de la base es suficiente para que el trasdós sea plano y no quebrado.

a)  $< 5$     b)  $5 - 10$     c)  $10 - 15$     d)  $15 - 20$     e)  $> 20$

- e)  $K_a = (\sin^2(60+30)) / \{ \sin^2(60)\sin(60-30)[1 + (\sin(30+30)*\sin(30)/\sin(60-30)/\sin(60+0))^{0.5}]^2 \} = 0.67$   
tomando  $\delta = 30^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\phi = 30^\circ$ . El empuje total resulta de:  $E = (1/2) \times 2 \times 0.66 \times 6^2 = 23.8 \text{ t}$ ,  $E_h = 11.9$ ,  $E_v = 20.6 \text{ t}$



28.

Determinar el ancho (m) necesario de la base del muro para obtener un factor de seguridad al vuelco de 1.5 en el caso de usar el método americano para el cálculo de empujes (trasdós ficticio vertical y rozamiento nulo en dicho trasdós) y despreciar el sobrepeso de hormigón debido a su mayor peso específico.

- a) <0.5   b) 0.5 - 1   c) 1 - 2   d) 2 - 3   e) >3

d)  $W = b \times 6 \times 2$ , distancia =  $b/2$ ;  $E = Eh = (1/2) \times 2.0 \times 0.33 \times 6^2 = 12 \text{ t/m}$ , distancia =  $(1/3) \times 6 = 2$ ;  
 $FS = 1.5 = (b \times 6 \times 2.0 \times (b/2)) / (12 \times 2)$ ,  $b = 2.4 \text{ m}$  (2'45)

29.

Determinar el ancho (m) necesario en la base del muro para obtener un factor de seguridad al deslizamiento de 1.5 suponiendo también las hipótesis del método americano.

- a) <0.5   b) 0.5 - 1   c) 1 - 2   d) 2 - 3   e) >3

e)  $W = b \times 6 \times 2$ ;  $Eh = 12 \text{ t}$ ;  $FS = (b \times 6 \times 2 \times \tan(0.8 \times 30)) / 12 = 1.5$ ,  $b = 3.4 \text{ m}$  (3'37)

30. Con el ancho obtenido en los cálculos de estabilidad anteriores determinar el factor de seguridad al vuelco en el caso de trasdós ficticio inclinado.

- a) <0.5   b) 0.5 - 1   c) 1 - 2   d) 2 - 3   e) >3

a) En el caso de tomar  $b = 3.4 \text{ m}$ , el empuje sobre el trasdós inclinado da lugar a momento volcador negativo, es decir, que se trata de un momento estabilizador. Esto no sucede con todas las anchuras pero sí para las mayores de una cierta anchura mínima.

31. Con el ancho obtenido en los cálculos de estabilidad anteriores determinar el factor de seguridad al deslizamiento en el caso de trasdós ficticio inclinado:

- a) <0.5   b) 0.5 - 1   c) 1 - 2   d) 2 - 3   e) >3

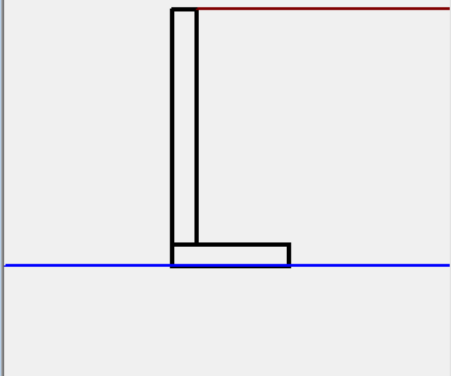
c) En el caso de tomar  $b = 3.4 \text{ m}$ , el muro tiene un peso aproximado de  $(3.4 + 0.5) / 2 \times 6 \times 2 = 23.4 \text{ t}$ , el empuje horizontal se ha obtenido anteriormente  $E_h = 11.9$  y el vertical  $E_v = 20.6 \text{ t}$ . El factor de seguridad al deslizamiento será por tanto:  $FS = (23.4 + 20.6) \tan(0.8 \times 30) / 11.9 = 19.6 / 11.9 = 1.65$ .

32. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto a la seguridad al vuelco del muro.

- a) Si el factor de seguridad al vuelco es negativo, deben aumentarse las dimensiones del muro hasta alcanzar un valor aceptable ( $>1.5$ ).  
 b) Si el momento resultante causado por el empuje del terreno a efectos de vuelco es negativo, indica que la resultante de todos los esfuerzos no pasa por el núcleo central de la base.  
 c) No es posible obtener un factor de seguridad al vuelco negativo.  
 d) Si el momento volcador de los empujes del terreno respecto a un punto es negativo, indica que la resultante de los mismos deja a dicho punto en el lado contrario al supuesto.  
 e) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

d)

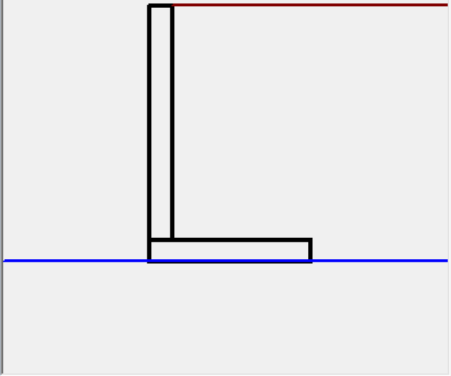
**Pregunta 28: Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.B.= 1,5**

CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		Mur genèric	
DESCRIPCIÓ		Examen 21/05/2003	
DESCRIPCIÓ			
Alçada	6 m	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 200	
Angle de fregament intern	30 °	<input type="checkbox"/> Personalitzar escala	
Inclinació del Terreny	0 °	DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR	
Càrrega superior	0 KN/m	<input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)	
Nivell freàtic des de coronació	6 m	Alçada total	6
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m3	Alçada superior	5,500
		Alçada fonamentació	0,5
		Base	2,45
Densitat del Mur	19,6 KN/m3	Urpa	0
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	24 °	Taló	1,95
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °	Coronació	0,5
		Inclinació Trasdós	90

SISTEMA AMERICÀ	
Ka Amèrica	0,333
Factor de Seguretat al Volcament	
Sumatori MEstabilitzadors	352,947
Sumatori MDesestabilitzadors	235,200
<b>F.S.B.</b>	<b>1,501</b>
Factor de Seguretat al Lliscament	
Sumatori Forces Estabilitzadores	128,279
Sumatori de Forces Desestabilitzadores	117,600
<b>F.S.LI</b>	<b>1,091</b>

**Pregunta 29: Determinar l'ample necessari de la base del mur per F.S.LI.= 1,5**

CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS		Mur genèric	
DESCRIPCIÓ		Examen 21/05/2003	
DESCRIPCIÓ			
Alçada	6 m	ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 200	
Angle de fregament intern	30 °	<input type="checkbox"/> Personalitzar escala	
Inclinació del Terreny	0 °	DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR	
Càrrega superior	0 KN/m	<input type="checkbox"/> Rasclat (Opcional)	
Nivell freàtic des de coronació	6 m	Alçada total	6
Densitat natural del Terreny	19,6 KN/m3	Alçada superior	5,500
		Alçada fonamentació	0,5
		Base	3,37
Densitat del Mur	19,6 KN/m3	Urpa	0
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	24 °	Taló	2,87
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	24 °	Coronació	0,5
		Inclinació Trasdós	90

SISTEMA AMERICÀ	
Ka Amèrica	0,333
Factor de Seguretat al Volcament	
Sumatori MEstabilitzadors	667,786
Sumatori MDesestabilitzadors	235,200
<b>F.S.B.</b>	<b>2,839</b>
Factor de Seguretat al Lliscament	
Sumatori Forces Estabilitzadores	176,449
Sumatori de Forces Desestabilitzadores	117,600
<b>F.S.LI</b>	<b>1,500</b>

## **Examen de geotècnia del 28 de Maig de 2004**

- terreno en todo el fuste.
- d) Las tensiones tangenciales en el fuste desarrollarán rozamiento negativo en todo el fuste por lo que la carga de hundimiento acabará siendo negativa en el caso de pilotes flotantes y muy pequeña en el caso de pilotes columna, y por tanto deberá buscarse otra solución para la cimentación.
- e) Por tratarse de pilotes instalados en un estrato arcilloso de gran profundidad que puede consolidar, el nuevo estado de equilibrio de tensiones tangenciales en el fuste equivale a invertir el signo del término de carga de hundimiento por fuste.
- a) Al consolidar la capa de arcilla los pilotes se moverán también. Parte del fuste desarrollará rozamiento negativo pero no todo el fuste puesto que estos pilotes tienen una contribución por punta pequeña. Si se supone que las tensiones tangenciales llegan a invertirse en  $(1/3)$  de la longitud del fuste, la carga de hundimiento por fuste total puede verse reducida hasta la mitad de la original en el caso de resistencia del terreno constante. Al ser la resistencia variable la reducción será algo distinta ya que las tensiones tangenciales que se invierten son las de la zona superior que es la de menor resistencia.
24. Determinar el factor de seguridad al hundimiento en el caso de considerar una cimentación equivalente al grupo de pilotes.

- a) <1      b) 1 a 2      c) 2 a 3      d) 3 a 4      e) > 4

- e) En este caso se trata de una cimentación empotrada en el terreno y se supone un mecanismo de rotura global en el terreno inferior.

$$P_h = \gamma_0 h_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 l + N_c s_c d_c \left( \frac{q_{c3}}{15} \right) =$$

$$= 2 \times 10 + 2 \times 4 + 2 \times 9.5 + 5.14 \times \left( 1 + \frac{1}{5.14} \frac{B}{L} \right) \times \left( 1 + \frac{2D}{5.14B} \right) \times \left( \frac{300}{15} \right) =$$

$$= 2 \times 10 + 2 \times 4 + 2 \times 9.5 + 5.14 \times 1.2 \times 4.4 \times \left( \frac{300}{15} \right) =$$

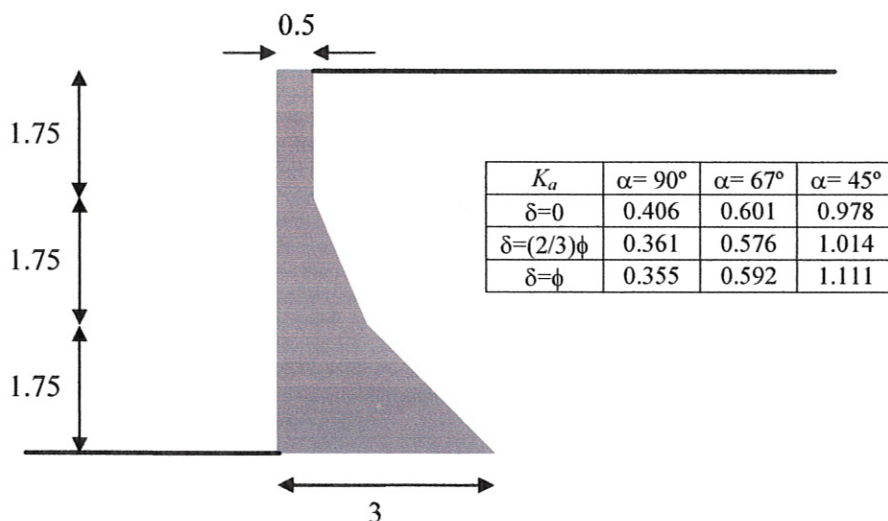
$$= 20 + 8 + 19 + 1056 = 1103 \text{ t/m}^2$$

El factor de seguridad al hundimiento se puede evaluar como:

$$FS = \frac{P_h}{V/B^2 + \gamma h_1} = \frac{1103}{400/(2 \times 2.5 \times 0.45 + 0.45)^2 + 2 \times (10 + 4 + 9.5)} = \frac{1103}{54.9 + 47} = 10.8$$

A la tensión vertical transmitida por la estructura hasta el plano de apoyo de los pilotes se ha añadido el peso del conjunto pilotes-terreno.

Se desea dimensionar un muro con trasdós quebrado para salvar un desnivel total de 5.25 m en un terreno horizontal ( $\gamma_n = 1.8 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 25^\circ$ ) con el nivel freático por debajo de la base del muro. Por simplicidad del análisis se puede suponer un empotramiento nulo en la base del muro y puede tomarse  $\delta = 0.8\phi$  en el contacto entre muro y terreno en la misma. Para simplificar el cálculo de empujes, los coeficientes de empuje correspondientes a este terreno en las diferentes superficies inclinadas del trasdós se han tabulado a continuación, para diferentes valores del ángulo de rozamiento en la superficie de aplicación de los empujes. En casos intermedios puede interpolarse de la tabla.





25. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es **incorrecta** en relación a los empujes obtenidos.

- a) Si la inclinación del trasdós en un tramo es suficientemente grande, la componente vertical del empuje puede ser superior que la componente horizontal.
- b) El empuje en cada tramo del trasdós se calcula con un coeficiente de empuje diferente debido a la diferente inclinación del plano de empuje.
- c) El empuje en cada tramo del trasdós tiene inclinación diferente, pero la componente horizontal es igual en todos ellos.
- d) Es probable que el empuje total sea estabilizador, es decir, no tienda a volcar el muro hacia el terreno inferior.
- e) El empuje total en cada tramo puede descomponerse en una ley triangular más una ley rectangular, lo que es conveniente para el cálculo de momentos volcadores.
- c) a) Para  $(\alpha - \delta) < 45^\circ$  se produce esta situación.
- b) Es correcto ya que el coeficiente de empuje depende de la forma de la cuña.
- c) Es incorrecta por varias razones, sobre todo porque en cada tramo hay que tener en cuenta el peso del terreno superior.
- d) En este tipo de muros, la componente vertical es elevada. En conjunto, si se calcula el momento respecto al pie del muro en la zona de terreno inferior,  $E_h \times d_h - E_v \times d_v$ , puede resultar negativo.
- e) La triangular corresponde al peso del terreno en el tramo y la rectangular al sobrepeso de terreno por encima del tramo.

26. Indicar cuál de las siguientes expresiones es correcta para determinar el empuje total horizontal del terreno sobre el muro.

- a)  $E_h = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \sin(90 - 17) + \frac{1}{2} \times 0.576 \times \sin(67 - 17) + \frac{1}{2} \times 1.014 \times \sin(45 - 17) \right)$
- b)  $E_h = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \cos(90 - 17) + \frac{3}{2} \times 0.576 \times \cos(67 - 17) + \frac{3}{2} \times 1.014 \times \cos(45 - 17) \right)$
- c)  $E_h = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \cos(90 - 17) + \frac{1}{2} \times 0.576 \times \cos(67 - 17) + \frac{1}{2} \times 1.014 \times \cos(45 - 17) \right)$
- d)  $E_h = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \tan(90 - 17) + \frac{3}{2} \times 0.576 \times \tan(67 - 17) + \frac{3}{2} \times 1.014 \times \tan(45 - 17) \right)$
- e)  $E_h = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \sin(90 - 17) + \frac{3}{2} \times 0.576 \times \sin(67 - 17) + \frac{5}{2} \times 1.014 \times \sin(45 - 17) \right)$

e) La ley de empujes se puede escribir de la siguiente forma:

$$E_h = E_{h1} + E_{h2} + E_{h3} =$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.75^2 \times 0.361 \times \sin(90 - 17) +$$

$$+ \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.75^2 \times 0.576 \times \sin(67 - 17) + 1.8 \times 1.75 \times 1.75 \times 0.576 \times \sin(67 - 17) +$$

$$+ \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.75^2 \times 1.014 \times \sin(45 - 17) + 1.8 \times 1.75 \times 1.75 \times 1.014 \times \sin(45 - 17) + 1.8 \times 1.75 \times 1.75 \times 1.014 \times \sin(45 - 17)$$

en la que se han tenido en cuenta cada cuña de empuje en cada tramo de diferente inclinación con la correspondiente sobrecarga de terreno. Como los 3 tramos tienen la misma altura es posible sacar factor común de alturas al cuadrado así como del peso específico que se toma constante. Tanto el coeficiente de empuje como el seno del ángulo de inclinación del empuje son diferentes en cada tramo.

27. Determinar el empuje horizontal total del terreno sobre el muro (t/m):

- a) <5      b) 5 - 10      c) 10 - 15      d) 15 - 20      e) >20

c)

$$E_h = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \sin(90 - 17) + \frac{3}{2} \times 0.576 \times \sin(67 - 17) + \frac{5}{2} \times 1.014 \times \sin(45 - 17) \right) =$$

$$= 0.95 + 3.65 + 6.56 = 11.16$$

28. Determinar el empuje vertical total del terreno sobre el muro (t/m):

- a) <5      b) 5 - 10      c) 10 - 15      d) 15 - 20      e) >20

d)

$$E_v = 1.8 \times 1.75^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0.361 \times \cos(90 - 17) + \frac{3}{2} \times 0.576 \times \cos(67 - 17) + \frac{5}{2} \times 1.014 \times \cos(45 - 17) \right) =$$

$$= 0.29 + 3.06 + 12.33 = 15.7$$

29. En caso de considerar un trasdós del muro ficticio que pase por la base del muro o por la coronación, indicar cuál de los siguientes ángulos corresponde a la inclinación respecto a la horizontal que debe tener dicho trasdós ficticio:

a)  $\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$     b)  $\frac{\pi}{4} + \frac{3\phi}{2}$     c)  $\frac{\pi}{4} + \phi$     d)  $\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}$     e)  $\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2}$

a) La inclinación de dicho trasdós ficticio respecto a la horizontal es  $\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$  que es precisamente la inclinación que tienen los planos de rotura en el suelo en el estado activo.

30. Calcular el empuje total (t/m) causado por el terreno sobre el muro suponiendo que dicho trasdós no es quebrado.

a) <5    b) 5 - 10    c) 10 - 15    d) 15 - 20    e) >20

e) Este empuje es sobre un plano en que hay contacto entre terreno y terreno y por tanto tendrá  $\delta = \phi$ . La inclinación de dicho trasdós ficticio es  $\alpha = 57.5^\circ$ , el rozamiento  $\delta = 25^\circ$  y el ángulo de rozamiento del terreno es  $\phi = 25^\circ$ . Para determinar el coeficiente de empuje se puede interpolar de la tabla como:  
 $K_a = 0.592 + (1.111 - 0.592) / (45 - 67) \times (57.5 - 67) = 0.816$ .

El empuje total en este caso es:  $E = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 0.816 \times 5.25^2 = 20.24$

31. Determinar el factor de seguridad al vuelco del muro simplificando el cálculo de empujes mediante el método americano (trasdós ficticio vertical) y peso específico equivalente del terreno-muro de  $2 \text{ t/m}^3$ :

a) <0.5    b) 0.5 - 1    c) 1 - 2    d) 2 - 3    e) >3

d) El empuje horizontal en este caso viene dado por:  $E_h = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 0.406 \times 5.25^2 = 10.07 \text{ t/m}$ , y el empuje vertical es nulo ya que en el trasdós ficticio vertical debe tomarse fricción nula. El factor de seguridad al

vuelco viene dado por:  $FS = \frac{3 \times 5.25 \times 2 \times \frac{1}{2} \times 3}{10.07 \times \frac{1}{3} \times 5.25} = \frac{47.25}{17.6} = 2.68$

32. Determinar el factor de seguridad al deslizamiento del muro simplificando el cálculo de empujes mediante el método americano (trasdós ficticio vertical) y peso específico equivalente del terreno-muro de  $2 \text{ t/m}^3$ :

a) <0.5    b) 0.5 - 1    c) 1 - 2    d) 2 - 3    e) >3

c) El factor de seguridad al deslizamiento viene dado por:  $FS = \frac{3 \times 5.25 \times 2 \times \tan(0.8 \times 25)}{10.07} = \frac{11.46}{10.07} = 1.14$ .

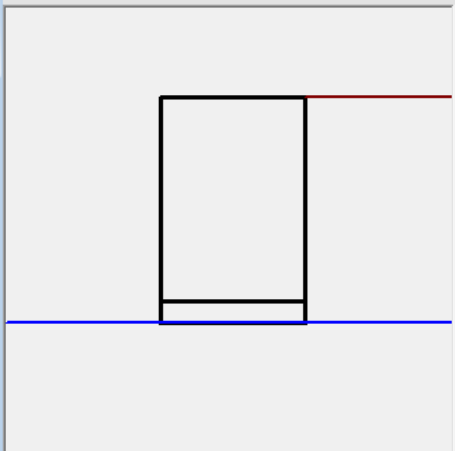
Pregunta 31: Determinar el F.S.B.

Pregunta 32: Determinar el F.S.B.

CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS	
DESCRIPCIÓ	Examen 28/05/2004
Alçada	5,25 m
Angle de fregament intern	25 °
Inclinació del Terreny	0 °
Càrrega superior	0 KN/m
Nivell freàtic des de coronació	5,25 m
Densitat natural del Terreny	17,64 KN/m <sup>3</sup>
Densitat del Mur	19,6 KN/m <sup>3</sup>
Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur	20 °
Delta de Terres-Formigó a la base del mur	20 °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ Examen 28/05/2004



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/ 200

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total	5,25	Urpa	0
Alçada superior	4,750	Taló	0
Alçada fonamentació	0,5	Coronació	3
Base	3	Inclinació Trasdós	90

SISTEMA AMERICÀ	
Ka Amèrica	0,406
Factor de Seguretat al Volcament	
Sumatori MEstabilitzadors	463,050
Sumatori MDesestabilitzadors	172,663
F.S.B.	2,682
Factor de Seguretat al Lliscament	
Sumatori Forces Estabilitzadores	112,358
Sumatori de Forces Desestabilitzadores	98,665
F.S.LI	1,139

## **Examen de geotècnia del 30 de Maig de 2005**



11. Estimar la anchura  $b$  de un muro de sección rectangular, trasdós vertical, base rugosa y alzado  $h$  en terreno homogéneo ( $\phi$ ) con superficie horizontal que da lugar a factores de seguridad al vuelco y al deslizamiento iguales en ausencia de cargas exteriores y agua.

a)  $b = \frac{3}{2}h \tan \phi$    b)  $b = \frac{2}{3}h \tan \phi$    c)  $b = \frac{3}{2}h \cot \phi$    d)  $b = \frac{2}{3}h \cot \phi$    e)  $b = h \tan \phi$

$2 \frac{t}{m^3} \cdot \frac{98 \text{ kN}}{t} = 196 \text{ kN/m}^3$

Se desea dimensionar un muro en L con talón y sin zarpa ni tacón para salvar un desnivel de 4.5 m en un terreno horizontal ( $\gamma_n = 2 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 30^\circ$ ) con el nivel freático por debajo de su base. Por simplicidad del análisis se puede suponer un empotramiento nulo en la base del muro, puede tomarse  $\delta = 0.8\phi$  en el contacto entre muro y terreno en la misma, y despreciar el sobrepeso del hormigón en relación con el terreno para considerar un muro equivalente. En cualquier caso se calculará suponiendo un trasdós ficticio inclinado (método europeo).

12. Calcular el empuje total (t/m) causado por el terreno sobre el muro equivalente suponiendo que la anchura de la base es suficiente para que el trasdós sea plano y no quebrado.

a)  $<5$    b)  $5 - 10$    c)  $10 - 15$    d)  $15 - 20$    e)  $>20$

13. En el caso de usar el método de Rankine para calcular el empuje, se puede afirmar que:

- a) El ángulo de rozamiento en el trasdós ficticio es el ángulo de rozamiento del terreno.  
b) El ángulo de rozamiento en el trasdós ficticio es igual al ángulo que forma el terreno con la horizontal.  
c) El ángulo de rozamiento en el trasdós ficticio es igual al ángulo de rozamiento terreno-hormigón.  
d) El ángulo de rozamiento en el trasdós ficticio es igual a 0.  
e) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

14. Determinar el factor de seguridad al vuelco en el caso de que la anchura del muro sea de 2.5 m y se aproxime el muro como un triángulo.

a)  $0.0 - 1.0$    b)  $1.0 - 1.2$    c)  $1.2 - 1.4$    d)  $1.4 - 1.6$    e)  $>1.6$  o negativo

15. Determinar el factor de seguridad al deslizamiento en el caso de que la anchura del muro sea de 2.5 m (despreciar el sobrepeso de hormigón debido a su mayor peso específico) y aproximar el muro como un triángulo.

a)  $0.0 - 1.0$    b)  $1.0 - 1.2$    c)  $1.2 - 1.4$    d)  $1.4 - 1.6$    e)  $>1.6$  o negativo

16. Indicar cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con respecto a la seguridad al vuelco del muro.

- a) Si el factor de seguridad al vuelco es negativo, debe aumentarse las dimensiones del muro hasta alcanzar un valor aceptable ( $>1.5$ ).  
b) Si el momento resultante causado por el empuje del terreno a efectos de vuelco es negativo, indica que la resultante de todos los esfuerzos no pasa por el núcleo central de la base.  
c) No es posible obtener un factor de seguridad al vuelco negativo.  
d) Si el momento volcador de los empujes del terreno respecto a un punto es negativo, indica que la resultante de los mismos deja a dicho punto en el lado contrario al supuesto.  
e) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

17. Determinar el empuje en el caso de que exista una sobrecarga repartida en la superficie del terreno de  $3.5 \text{ t/m}^2$ .

a)  $<5$    b)  $5 - 10$    c)  $10 - 15$    d)  $15 - 20$    e)  $>20$

18. Determinar el factor de seguridad al vuelco al incorporar la sobrecarga repartida.

- a) 0.0 – 1.0      b) 1.0 – 1.3      c) 1.3 – 1.5      d) 1.5 – 1.7      **e) >1.7 o negativo**

19. Determinar el factor de seguridad al deslizamiento al incorporar la sobrecarga repartida.

- a) 0.0 – 1.0      **b) 1.0 – 1.3**      c) 1.3 – 1.5      d) 1.5 – 1.7      e) >1.7 o negativo

En un terreno constituido por una arcilla se debe proyectar una cimentación para soportar una carga de 250 t y un momento de 50 m×t que puede actuar en cualquier dirección. Dichas acciones son transmitidas por una estructura de gran altura en la que la limitación de asentos es muy restrictiva. El terreno está constituido por una capa arcillosa de gran espesor en el que la resistencia al corte sin drenaje viene dada por:

$$c_u = c_u^o + \frac{\partial c_u}{\partial z} z = 10 + 0.35z ; \quad z \text{ (m)}, c_u \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Inicialmente se estudia la posibilidad de cimentar mediante una zapata en superficie y se considera, alternativamente, el caso de una cimentación profunda mediante pilotes. La tensión de trabajo del hormigón en los pilotes es de 700 t/m<sup>2</sup> por tratarse de pilotes prefabricados y se considera que el coeficiente de eficiencia de grupo es igual a la unidad y que el cociente entre la resistencia por fuste y la resistencia al corte sin drenaje varía de la siguiente forma:

$$\beta = \left( \frac{1 + 0.009c_u^2}{1 + 0.04c_u^2} \right) ; \quad c_u \text{ (t/m}^2\text{)}$$

20. Dimensionar una zapata cuadrada apoyada en superficie (B, m) para resistir las acciones indicadas.

- a) <3 m      **b) 3-5 m**      c) 5-7 m      d) 7-9 m      e) > 9 m

21. En el caso alternativo de cimentación profunda, determinar el tope estructural (t) si se pretende ejecutar pilotes de 30 cm de diámetro.

- a) < 20      b) 20 - 40      **c) 40 - 60**      d) 60 - 80      e) > 80

22. Determinar el número mínimo de pilotes necesarios para que no se supere la tensión admisible del hormigón si se pretende ejecutar pilotes de 30 cm de diámetro (adoptar una separación entre ellos igual a 2.5 veces el diámetro).

- a) 2x2      b) 2x3      **c) 3x3**      d) 3x4      e) 4x4

23. Indicar cuál de las siguientes expresiones es correcta para determinar la carga de hundimiento en este caso ( $\Delta z_i = z_i - z_{i-1}$ ).

- a)  $Q_h(l) = 5.14c_u(l)\pi\phi^2/4 + \pi\phi \sum_i \Delta z_i (\beta c_u) \Big|_{(z_{i-1}+z_i)/2}$   
 b)  $Q_h(l) = 9c_u(l)\pi\phi^2/4 + \pi\phi \sum_i \Delta z_i (\beta c_u) \Big|_{(z_{i-1}+z_i)/2}$   
 c)  $Q_h(l) = 5.14c_u(l)\pi\phi^2/4 + 2\pi\phi \sum_i \Delta z_i (\beta c_u) \Big|_{(z_{i-1}+z_i)/2}$   
 d)  $Q_h(l) = 5.14c_u(l)\pi\phi + (\pi\phi^2/4) \sum_i \Delta z_i (\beta c_u) \Big|_{(z_{i-1}+z_i)/2}$   
 e)  $Q_h(l) = 9c_u(l)\pi\phi + (\pi\phi^2/4) \sum_i \Delta z_i (\beta c_u) \Big|_{(z_{i-1}+z_i)/2}$

Pregunta 14: Determinar el F.S.B. amb una longitud de base de 2,5m

Pregunta 15: Determinar el F.S.LI. amb una longitud de base de 2,5m

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS


DESCRIPCIÓ Examen 30/05/2005

Alçada  m  
 Angle de fregament intern  °  
 Inclinació del Terreny  °  
 Càrrega superior  KN/m  
 Nivell freàtic des de coronació  m  
 Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>  
 Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °  
 Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ Examen 30/05/2005



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total	<input type="text" value="4,5"/>	Urpa	<input type="text" value="0"/>
Alçada superior	<input type="text" value="4,2"/>	Taló	<input type="text" value="2,2"/>
Alçada fonamentació	<input type="text" value="0,3"/>	Coronació	<input type="text" value="0,3"/>
Base	<input type="text" value="2,5"/>	Inclinació Trasdós	<input type="text" value="90,001"/>

<p><b>CALCULAR SEGONS COULOMB</b></p> <p><u>Factor de Seguretat al Volcament</u></p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value="106,973"/></p> <p>Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value="-108,090"/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text" value="-0,990"/></p> <p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value="104,826"/></p> <p>Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value="66,056"/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value="1,587"/></p> <p><u>Direcció de les línies característiques oposades al Mur</u> <input type="text" value="60,000"/></p>	<p><b>CALCULAR SEGONS RANKINE</b></p> <p><u>Ka Rankine</u> <input type="text" value=""/>  <u>Delta Rankine</u> <input type="text" value=""/></p> <p><u>Factor de Seguretat al Volcament</u></p> <p>Sumatori MEstabilitzadors <input type="text" value=""/></p> <p>Sumatori MDesestabilitzadors <input type="text" value=""/></p> <p><b>F.S.B.</b> <input type="text" value=""/></p> <p><u>Factor de Seguretat al Lliscament</u></p> <p>Sumatori Forces Estabilitzadores <input type="text" value=""/></p> <p>Sumatori de Forces Desestabilitzadores <input type="text" value=""/></p> <p><b>F.S.LI.</b> <input type="text" value=""/></p> <p><u>Ka estrat superior</u> <input type="text" value="0,296"/>  <u>Ka estrat inferior</u> <input type="text" value="0,667"/></p>
---	---

Pregunta 18: Determinar el F.S.B. al incorporar 3,5t/m2 de sobrecàrrega

Pregunta 19: Determinar el F.S.LI. al incorporar 3,5t/m2 de sobrecàrrega

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Examen 30/05/2005

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m3

---


Densitat del Mur  KN/m3

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur genèric

DESCRIPCIÓ Examen 30/05/2005



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total	<input type="text" value="4,5"/>	Urpa	<input type="text" value="0"/>
Alçada superior	<input type="text" value="4,2"/>	Taló	<input type="text" value="2,2"/>
Alçada fonamentació	<input type="text" value="0,3"/>	Coronació	<input type="text" value="0,3"/>
Base	<input type="text" value="2,5"/>	Inclinació Trasdós	<input type="text" value="90,001"/>

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Desestabilitzadores

**F.S.LI.**

Direcció de les línies  
característiques  
oposades al Mur

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine Delta Rankine

Factor de Seguretat al Volcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

**F.S.B.**

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Desestabilitzadores

**F.S.LI.**

Ka  
estrat superior

Ka  
estrat inferior



## **Problema nº 10 del llibre “Estructuras de Contención”**

### Capítulo 3. Estructuras de Contención

#### PROBLEMA 10

Dimensionar un muro de gravedad para salvar un desnivel de 6 m en un terreno de gran extensión ( $c = 1 \text{ t/m}^2$ ,  $\phi = 30^\circ$ ,  $\gamma_n = 2.2 \text{ t/m}^3$ , FS al vuelco y al deslizamiento = 2) con una pendiente en superficie de  $6^\circ$ . Estudiar la influencia que tendría sobre su estabilidad la eventual subida del NF en el trasdós y la existencia de una carga concentrada de 100 t a 8 m del muro.

En primer lugar se realizará el predimensionado del muro de acuerdo con valores habituales de esbelteces, es decir, de relaciones entre las diferentes dimensiones de dicho muro. A continuación se calcularán los empujes sobre el muro. Finalmente se realizarán las comprobaciones de estabilidad.

A continuación se establecen las diferentes dimensiones a partir de la altura  $h_1 = 6 \text{ m}$  del muro (ver Fig. 10.1) para el predimensionado del muro:

$$b_1 \sim \frac{h_1}{2} \text{ a } \frac{h_1}{3} \sim 3 \text{ a } 2 \text{ m} \quad \text{Se elige } b_1 = 2.5 \text{ m}$$

$$h_2 \sim \frac{h_3}{8} \text{ a } \frac{h_3}{6} \quad h_2 + h_3 = h_1$$

De las dos condiciones anteriores se deduce:

$$h_2 = \frac{h_1 - h_2}{8} \text{ a } h_2 = \frac{h_1 - h_2}{6} \Leftrightarrow h_2 \sim \frac{h_1}{9} \text{ a } \frac{h_1}{7} \sim 0.67 \text{ a } 0.86$$

$$\text{Que permite establecer:} \quad h_2 = 0.75 \text{ m}$$

$$b_3 \sim \frac{h_2}{2} \text{ a } h_2 \sim 0.375 \text{ a } 0.75$$

y se toma:

$$b_3 = 0.6 \text{ m}$$

$$b_2 \sim \frac{h_1^2}{2} \text{ y } b_2 \geq 0.3 \text{ m}$$

y se toma:

$$b_2 = 0.4 \text{ m}$$

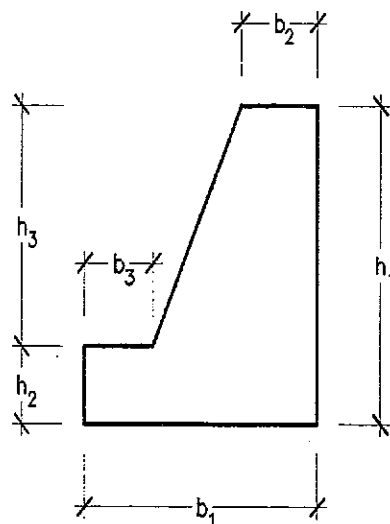


Fig. 10.1. Representación esquemática del muro de gravedad

Una vez establecidas las dimensiones de muro se pasa al cálculo de empujes para el que se proponen varios métodos alternativos.

a) Método de Rankine aplicado gráficamente

Con objeto de determinar los círculos de Mohr que permitirán determinar los empujes sobre el muro, en primer lugar se calculan las tensiones sobre un plano que tiene la misma inclinación que el terreno, es decir,  $6^\circ$ :

$$\sigma_n = \gamma_n z \cos^2 6^\circ = 1.98 z$$

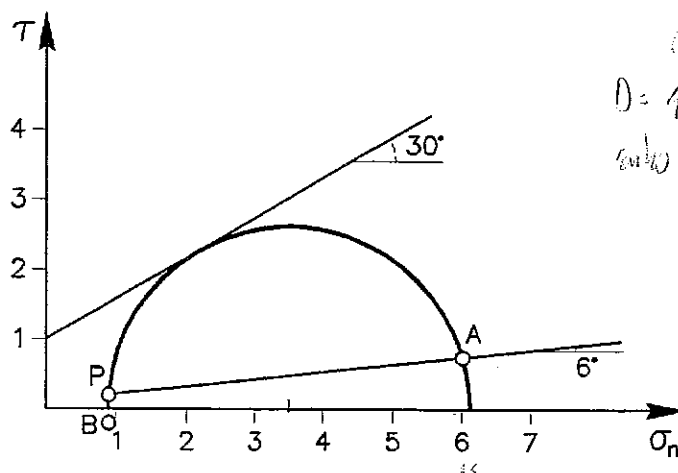
$$\tau = \gamma_n z \sin 6^\circ \cos 6^\circ = 0.21 z$$

$$\left( \frac{\gamma}{10} z \cdot 6.5^2 \right)$$

donde se ha supuesto que el terreno se encuentra seco. Con estas expresiones se calculan dichas tensiones para diferentes profundidades. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:



z	1	2	3	4	5	6	m
$\sigma_n$	1.98	3.96	5.94	7.92	9.90	11.88	t/m <sup>2</sup>
$\tau$	0.21	0.42	0.63	0.84	1.05	1.26	t/m <sup>2</sup>

Fig. 10.2. Círculo de Mohr para  $z = 3$  m

El punto A en la Fig. 10.2 corresponde al estado tensional para  $z = 3$  m en un plano paralelo a la superficie del terreno. Trazando un círculo de Mohr en rotura que pase por A y determinando el polo P (intersección entre el círculo y el plano que forma  $6^\circ$ ) se obtiene el estado tensional (punto B en dicha figura) en un plano vertical al trazar la vertical por P. Para esta profundidad los empujes por unidad de área obtenidos son aproximadamente:

$$e_n \cong 0.99 \text{ t/m}^2$$

$$e_t \cong 0.20 \text{ t/m}^2$$

Realizando este cálculo para cada profundidad  $z$ , con este método se obtendría una ley no lineal de empujes en la que se produce una zona de tracciones debido a que para profundidades bajas las tensiones normales resultan negativas. La integración de esta ley daría la resultante de dichos empujes. Al haber incluido la cohesión del terreno en el cálculo de empujes la ley resultante debe integrarse en forma discreta (sumatorio de valores en cada incremento de  $z$ ) por tratarse de una ley no lineal. Además, la integración de tensiones debe realizarse solamente en la zona de compresiones para tener en cuenta que el suelo no puede soportar tracciones. Puesto que habitualmente se prescinde de la cohesión, lo que deja del lado de la seguridad, la ley de empujes será lineal y, por tanto, fácilmente integrable. ( $\tau = 1$ )

$$b_2 \sim \frac{h_1}{2} \text{ y } b_2 \geq 0.3 \text{ m}$$

y se toma:  $b_2 = 0.4 \text{ m}$

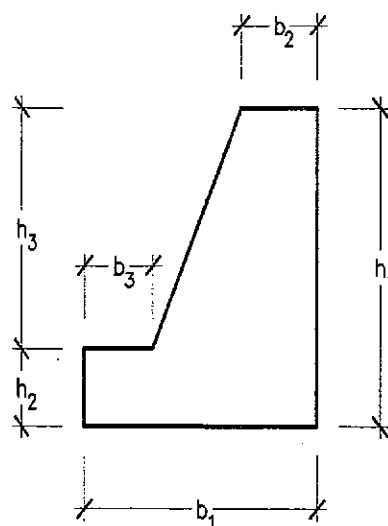


Fig. 10.1. Representación esquemática del muro de gravedad

Una vez establecidas las dimensiones de muro se pasa al cálculo de empujes para el que se proponen varios métodos alternativos.

a) Método de Rankine aplicado gráficamente

Con objeto de determinar los círculos de Mohr que permitirán determinar los empujes sobre el muro, en primer lugar se calculan las tensiones sobre un plano que tiene la misma inclinación que el terreno, es decir,  $6^\circ$ :

$$\sigma_n = \gamma_n z \cos^2 6^\circ$$

$$\tau = \gamma_n z \sin 6^\circ \cos 6^\circ$$

$$\sigma_n = \gamma_n z \cos^2 6^\circ = 1.98 z$$

$$\tau = \gamma_n z \sin 6^\circ \cos 6^\circ = 0.21 z$$

$$(\gamma_n z \cdot 0.65^2)$$

donde se ha supuesto que el terreno se encuentra seco. Con estas expresiones se calculan dichas tensiones para diferentes profundidades. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

## b) Método de Rankine utilizando una solución analítica:

Como se ha indicado, con objeto de simplificar el cálculo de empujes quedando al mismo tiempo de lado de la seguridad, puede despreciarse la cohesión del terreno. En la situación de rotura activa, la solución analítica del empuje en función de la profundidad para terreno inclinado ( $\beta \neq 0$ ) y cohesión nula ( $c = 0$ ) es:

$$e(z) = \gamma z \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} = \gamma z K_a$$

que, introduciendo los datos de este problema:

$$\beta = 6^\circ \text{ y } \phi = 30^\circ$$

da lugar a:

$$K_a = 0.3389$$

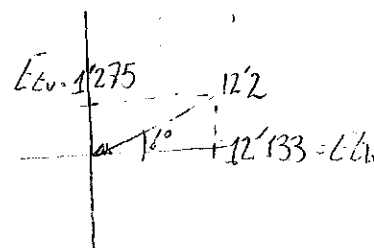
y resulta por tanto la siguiente ley de empujes:

$$e(z) = 2 \times z \times 0.3389 = 0.6778 z \text{ (t/m}^2\text{)}$$

El empuje resultante ( $E$ ) se obtiene integrando en la vertical, es decir:

$$E = \int_0^H e(z) dz = \int_0^H \gamma z K_a dz = \frac{1}{2} H^2 \gamma K_a$$

$$E = \frac{1}{2} \times 6^2 \times 2 \times 0.3389 = 12.2 \text{ t/m}$$



Un dato de referencia que muestra el efecto de la inclinación del terreno en  $K_a$ , puede obtenerse mediante:

$$\beta = 0 \text{ y } \phi = 30^\circ$$

resulta:

$$K_a = 0.333$$

Esta solución dada por Rankine implica que  $\delta = \beta$  y por lo tanto en este caso la solución obtenida es con  $\delta = 6^\circ$ , valor que puede considerarse aceptable por ser bajo, lo que deja del lado de la seguridad en la estabilidad del muro. Debe recordarse además que tanto el empuje unitario ( $e(z)$ ) como el total ( $E$ ) están orientados según este ángulo respecto a la horizontal.

### 6) Método de Coulomb aplicado analíticamente

Por último, y también despreciando el efecto de la cohesión ( $c=0$  implica empujes mayores que  $c>0$ ) puede calcularse el empuje mediante la solución dada por Coulomb. Del equilibrio de cuñas planteado por Coulomb se deriva que el empuje total:

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\phi + \beta)}} \right]^2}$$

En principio es posible estimar el ángulo de rozamiento entre el terreno y el muro como:

$$\delta = \frac{1}{3} \alpha \frac{2}{3} \phi$$

Con carácter de comprobación y para remarcar que en algunos casos particulares la solución de Rankine y de Coulomb coinciden se va a tomar en este caso  $\delta = \beta$ , lo que da lugar a:

$$K_a = \frac{0.75}{1 \times 0.9945 \left[ 1 + \sqrt{\frac{0.5878 \times 0.4067}{0.9945 \times 0.9945}} \right]^2} = 0.3389$$

que como puede verse es equivalente al obtenido mediante la solución analítica de Rankine porque se ha tomado  $\delta = \beta$ . En caso de haber utilizado  $\delta > \beta$  el coeficiente de empuje habría resultado menor.

Una vez calculado el empuje sobre el muro puede pasarse a realizar las comprobaciones de estabilidad al vuelco y al deslizamiento.

Las diferentes componentes del peso del muro son (Fig. 10.4):

$$W_1 = 0.4 \times (6 - 0.75) \times \gamma_b = 2.1 \gamma_b$$

$$W_2 = \frac{1.5 \times (6 - 0.75)}{2} \times \gamma_b = 3.94 \gamma_b$$

$$W_3 = 2.5 \times 0.75 \times \gamma_b = 1.88 \gamma_b$$

y el peso total:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 7.91 \gamma_b = 17.4 \text{ t/m}$$

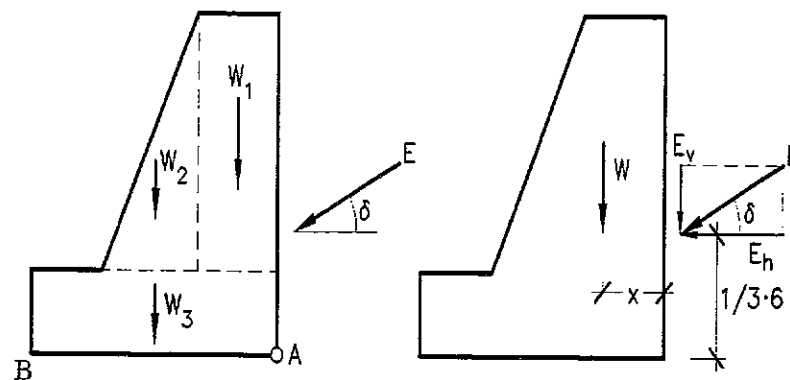


Fig. 10.4. Esfuerzos sobre el muro

Para determinar el punto de aplicación de la resultante de pesos ( $x$ ) pueden tomarse, por ejemplo, momentos respecto al punto A, lo que da lugar a:

$$2.1 \times \gamma_b \times 0.2 + 3.94 \times \gamma_b \times \left( \frac{1}{3} \times 1.5 \times 0.4 \right) + 1.88 \times \gamma_b \times 1.25 = 7.91 \gamma_b x$$

$$x = \frac{6 \times 316}{7.91} = 0.798 \approx 0.8 \text{ m}$$

Las resultantes de esfuerzos verticales y horizontales (peso más empujes) se pueden obtener como:

$$R_v = W + E \sin \beta = 17.4 + 12.2 \times \sin 6^\circ = 18.7 \text{ t/m}$$

$$R_h = E \cos \beta = 12.2 \times \cos 6^\circ = 12.1 \text{ t/m}$$

La resultante vertical se encuentra aplicada a una distancia  $y$  del punto A, distancia que puede determinarse tomando momentos respecto a A:

$$R_h \times 0 + R_v \times y = W \times 0.8 + E \cos \beta \times \frac{1}{3} \times 6 + E \sin \beta \times 0$$

$$y = \frac{17.4 \times 0.8 + 12.1 \times 2}{18.7} = 2.04 \text{ m}$$

Al ser la base de ancho  $b = 2.5$ , su núcleo central se encuentra entre  $0.83$  ( $1/3b$ ) y  $1.67$  ( $2/3b$ ) desde A. Debido a que la resultante vertical pasa a  $2.04$  m desde el punto A, dicha resultante se encuentra fuera del núcleo central. Esto implica que la ley de tensiones normales producida por dicha resultante contendría tracciones en caso de considerar un comportamiento elástico del suelo. Sin embargo, en la realidad, se produce una redistribución de tensiones bajo el muro debido al comportamiento no elástico del suelo.

El factor de seguridad al vuelco se calculará como:

$$FS_{\text{vuelco}} = \frac{\sum \text{momentos estabilizadores}}{\sum \text{momentos volcadores}}$$

$$FS_{\text{vuelco}} = \frac{W \times (2.5 - x)}{E_h \times \frac{1}{3} \times 6 - E_v \times 2.5} = \frac{17.4 \times (2.5 - 0.8)}{12.2 \times \cos 6^\circ \times 2 - 12.2 \times \sin 6^\circ \times 2.5} = 1.4$$

Donde como puede verse se han tomado momentos respecto al punto de posible vuelco (B). El valor del factor de seguridad al vuelco obtenido es insuficiente con respecto al valor requerido en el enunciado del problema ( $FS = 2$ ).

Para determinar el factor de seguridad al deslizamiento es preciso calcular el esfuerzo tangencial máximo que puede producirse en la base del muro, es decir, en su contacto con el terreno. Suponiendo que se trata de hormigón rugoso sobre suelo granular cohesivo, la adherencia y el ángulo de fricción terreno-muro pueden calcularse como:

$$a = 0.80 c$$

$$\delta = 0.95 \phi$$

que son valores muy elevados, es decir, poco conservadores.

Para que se produzca la rotura en la base deben alcanzarse las máximas tensiones o el máximo esfuerzo que, suponiendo una envolvente de rotura de Mohr-Coulomb, son:

$$\tau = a + \sigma_n \operatorname{tg} \delta \quad (\text{en tensiones})$$

$$T = a \times 2.5 \times 1 + R_v \operatorname{tg} \delta \quad (\text{en esfuerzos})$$

donde  $R_v$  es la resultante vertical de esfuerzos.

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{\sum \text{esfuerzos resistentes al deslizamiento}}{\sum \text{esfuerzos horizontales desestabilizadores}}$$

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{T}{R_h} = \frac{0.80 \times 2.5 \times 1 + 18.7 \times \operatorname{tg}(28.5)}{12.1} = 1.0$$

dimos no calcula  
amb cohesión, el  
resultat seria :  
 $FS_{\text{desliz}} = \frac{18.7 \cdot \operatorname{tg} 28.5^\circ}{12.1} = 0.839$

siendo  $R_h$  la resultante horizontal que se ha calculado anteriormente. Como puede verse el factor de seguridad obtenido es inaceptable.

A la vista de los factores de seguridad obtenidos es evidente que debe cambiarse la geometría del muro. Para ello van a tomarse los siguientes valores:

$$b_1 = 3.5, b_2 = 0.7, b_3 = 0.8 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.85 \text{ m}$$

$$W = 11.73 \times \gamma_b = 25.8 \text{ t/m}$$

$$x = 1.15 \text{ m}, y = 1.99 \text{ m}$$

$$R_v = 21.7 \text{ t/m}, R_h = 12.1 \text{ t/m}$$

que dan lugar a los siguientes factores de seguridad:

$$FS_{\text{vuelco}} = \frac{W \times (3.5 - x)}{E_h \times \frac{1}{3} \times 6 - E_v \times 3.5} = \frac{25.8 \times (3.5 - 1.15)}{12.2 \times \cos 6^\circ \times 2 - 12.2 \times \sin 6^\circ \times 3.5} = \boxed{3.06}$$

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{0.8 \times 3.5 \times 1 + 27.1 \times \text{tg}(28.5^\circ)}{12.1} = 1.45 \rightarrow \text{despreciar la cohesión} \Rightarrow \text{F.S.L.} = \boxed{1.216}$$

Dado que el factor de seguridad al deslizamiento es todavía insuficiente, puede considerarse también la colaboración del empuje pasivo que pueda producirse en el pie de la base:

$$E_{\text{pasivo}} = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p = \frac{1}{2} \times 2 \times 0.85^2 \times 3 = 2.17$$

sin reducirlo; y teniendo en cuenta que para  $\phi' = 30^\circ$ :

$$K_p = 3$$

el factor de seguridad al deslizamiento es:

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{0.80 \times 3.5 \times 1 + 27.1 \times \text{tg}(28.5^\circ) + 2.17}{12.1} = 1.63 \rightarrow \text{despreciar la cohesión} \Rightarrow \text{F.S.L.} = \boxed{1.395}$$

que puede verse da lugar solamente a un ligero aumento del factor de seguridad.

Entre otras, puede plantearse las siguientes soluciones para mejorar la resistencia al deslizamiento: cambiar dimensiones (se ha hecho), hacer base quebrada o inclinar la base.

Por último hay que decir, que mientras en el primer diseño, la resultante de esfuerzos verticales no estaba contenida en el interior del núcleo central, sí lo está en el diseño modificado (la nueva posición de la resultante es 1.99 m respecto al trasdós, mientras que en el primer cálculo se encontraba a 2.04 m).

Otras comprobaciones a realizar en el muro son: seguridad al hundimiento (comprobación que debe realizarse en base a lo explicado relativo a cimentaciones superficiales), estabilidad general (superficie de rotura exterior al muro) y cálculo del muro como estructura de hormigón armado.

A continuación va a analizarse la posible influencia de la subida del nivel freático en el trasdós del muro. La Fig. 10.5 muestra las leyes de empujes causadas por el agua y por el terreno.

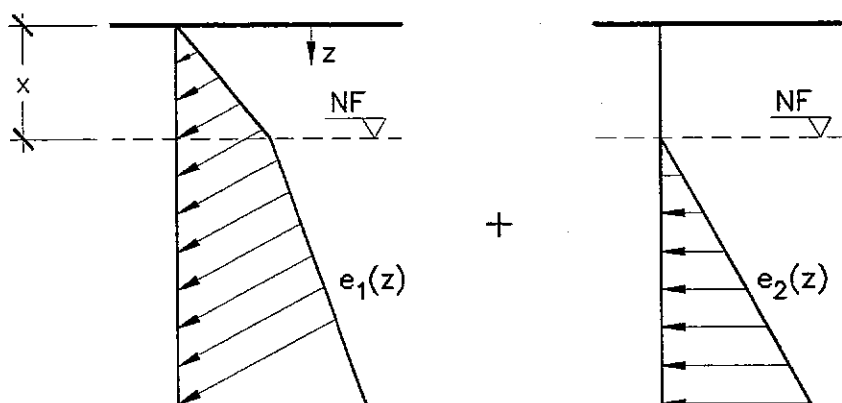


Fig. 10.5. Empujes por unidad de área del terreno y del agua

Dichas leyes de empujes por unidad de área pueden escribirse como:

$$\begin{aligned} (z \leq x) \quad e_n(z) &= e_1(z) \cos \delta = \gamma_n z K_a \cos \delta \\ e_t(z) &= e_1(z) \sin \delta = \gamma_n z K_a \sin \delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (z > x) \quad e_n(z) &= e_1(z) \cos \delta + e_2(z) \\ e_t(z) &= e_1(z) \sin \delta \end{aligned}$$

donde  $e_1(z)$ , que es el empuje por unidad de área causado por el terreno tiene una inclinación de valor  $\delta$  respecto a la normal al muro debido al rozamiento entre terreno y muro, mientras que  $e_2(z)$ , que es el empuje causado por el agua, es perpendicular a la pared del muro. Para  $z > x$  estas leyes son:



$$e_1(z) = (\gamma_s z - \gamma_w(z-x))K_a = \gamma_s z K_a - \gamma_w(z-x)K_a = \\ = 0.6778 z - 0.3389(z-x) = \gamma' z K_a + \gamma_w K_a$$

$$e_2(z) = \gamma_w(z-x)$$

Con objeto de simplificar el cálculo de los empujes totales puede realizarse el siguiente planteamiento (Fig. 10.6):

$$e_1 = \gamma_s z K_a$$

$$e_2 = \gamma_w(z-x)K_a$$

$$e_3 = \gamma_w(z-x)$$

de forma que el empuje causado por el terreno se ha descompuesto en dos leyes triangulares cuya diferencia da lugar a la ley calculada anteriormente.

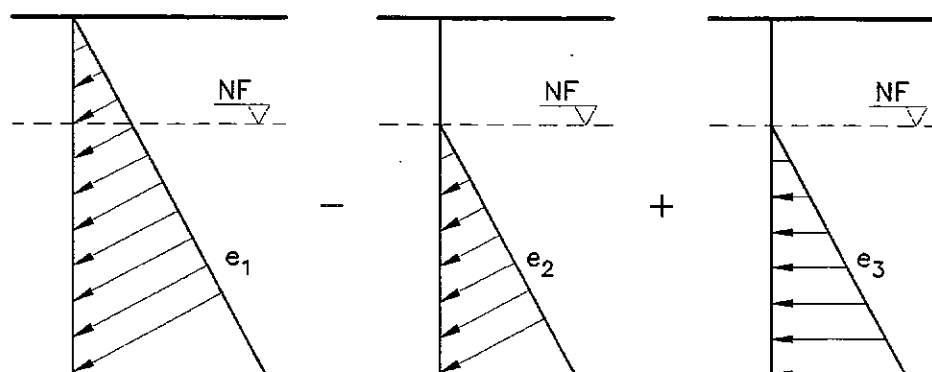


Fig. 10.6. Descomposición alternativa de empujes

En este caso los empujes horizontales son:

$$E_1 \cos 6^\circ = 12.2 \cos 6^\circ = 12.1 \text{ t/m}$$

$$- E_2 \cos 6^\circ = -\frac{1}{2} \gamma_w K_a (6-x)^2 \cos 6^\circ = -0.1685(6-x)^2$$

$$E_3 = \frac{1}{2} \gamma_w (6-x)^2 = 0.5(6-x)^2$$

mientras que los empujes verticales resultan:

$$E_1 \sin 6^\circ = 12.2 \sin 6^\circ = 1.28 \text{ t/m}$$

$$-E_2 \sin 6^\circ = -\frac{1}{2} \gamma_w K_a (6-x)^2 \sin 6^\circ = -0.018(6-x)^2$$

Por otro lado, el peso propio del muro es  $W = 25.8 \text{ t/m}$  que se encuentra aplicado a 1.15 m desde el trasdós del mismo, como se ha calculado anteriormente.

Al producirse la subida del nivel freático en el trasdós dará lugar también a una subpresión en la base del muro que se supondrá con variación lineal desde el trasdós (extremo inferior) hasta la zona delantera del muro donde la presión de agua se supone nula:

$$E_s = \frac{1}{2} \gamma_w (6-x) \times 3.5 = 1.75(6-x)$$

Con estos empujes el factor de seguridad al vuelco se calculará como:

$$FS_{\text{vuelco}} = \frac{W \times (3.5 - 1.15)}{E_1 \cos 6^\circ \frac{1}{3} 6 - E_2 \cos 6^\circ \sin 6^\circ \frac{1}{3} (6-x) + E_3 \frac{1}{3} (6-x) - (E_1 \sin 6^\circ - E_2 \sin 6^\circ) 3.5 + E_s \frac{2}{3} 3.5}$$

que para diferentes valores de  $x$  da lugar a:

$x$	6	5	4
$FS_{\text{vuelco}}$	3.06	2.53	1.63

$$\begin{aligned} [x=4] \Rightarrow & 12.1 \cdot \cos 6^\circ \cdot \frac{1}{3} 6 - 0.1685 \cdot 4 \cdot \cos 6^\circ \cdot \sin 6^\circ \cdot \frac{1}{3} 2 + \\ & + 0.5 \cdot 4 \cdot \frac{1}{3} 2 - [12.1 \cdot \sin 6^\circ - 0.1685 \cdot 4 \cdot \sin 6^\circ] \cdot 3.5 + \\ & + 1.75(6-4) \cdot \frac{2}{3} \cdot 3.5 = 29'34 \text{ t} \end{aligned}$$

El valor de  $x = 6 \text{ m}$  se corresponde con el caso de ausencia de NF y por tanto el resultado es coincidente. El factor de seguridad al deslizamiento se calculará como:

$$FS_{\text{deslizamiento}} = \frac{0.80 \times 3.5 \times 1 + R_v \times \tan(28.5^\circ)}{R_h}$$

y las nuevas resultante son:

$$\begin{aligned} R_v &= W + (E_1 \sin 6^\circ - E_2 \sin 6^\circ) - E_s = \\ &= 25.8 + (1.28 - 0.018(6-x)^2) - 1.75(6-x) = 23'508 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_h &= (E_1 \cos 6^\circ - E_2 \cos 6^\circ) + E_3 = \\ &= (12.1 - 0.1685(6-x)^2) + 0.5(6-x) = 12'426 \text{ t} \end{aligned}$$

y sustituyendo para diferentes valores de  $x$  da lugar a:

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} x=6 \Rightarrow F.S.L. = 1'216 \\ x=5 \Rightarrow \frac{[25.8 + (1.28 - 0.018 \cdot 1^2) - 1.75] \cdot 4.8}{12.1 - 0.1685 \cdot 1^2 + 0.5 \cdot 1} = \frac{13'433}{12'4315} = 1'106 \\ x=4 \Rightarrow F.S.L. = \frac{[25.8 + (1.28 - 0.018 \cdot 2^2) - 1.75 \cdot 2] \cdot 4.8 \cdot \tan(28.5^\circ)}{12.1 - 0.1685 \cdot 2^2 + 0.5 \cdot 2} = \frac{12'764}{12'426} = 1'027 \end{array} \right. \end{aligned}$$

**Pregunta C: Determinar els Factors de seguretat amb el nivell freàtic sota fonamentació amb la tipologia de mur 1**

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ **Problema 10**

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

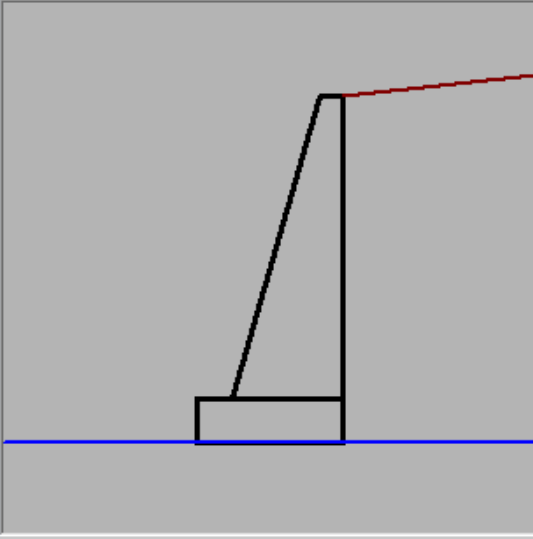
Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ **Problema 10\_Mur 1**



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total  Urpa

Alçada superior  Coronació

Alçada fonament

Base  Inclinació Trasdos

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors

Sumatori MDesestabilitzadors

**F.S.B. 1,406**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

Sumatori de Forces Destabilitzadores

**F.S.LI 0,836**

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine  Delta Rankine

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors

Sumatori MDesestabilitzadors

**F.S.B. 1,406**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores

Sumatori de Forces Destabilitzadores

**F.S.LI 0,836**

**Pregunta C:** Determinar els Factors de seguretat amb el nivell freàtic sota fonamentació amb tipologia de mur 2 (augmentant l'alçada i longitud de fonamentació, la longitud de urpa i de coronació)

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ **Problema 10**

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

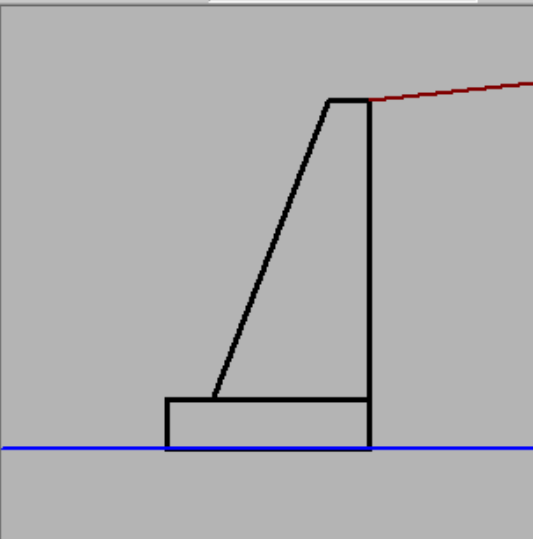
Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ **Problema 10\_Mur 2**



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat      Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasplet (Opcional)

Alçada total       Urpa   
Alçada superior       Coronació   
Alçada fonament   
Base       Inclinació Trasdos

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores

Sumatori de Forces Destavilitzadores

**F.S.LI.**

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine       Delta Rankine

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors

Sumatori MDesestavilitzadors

**F.S.B.**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores

Sumatori de Forces Destavilitzadores

**F.S.LI.**

**Pregunta C: Determinar els Factors de seguretat amb el nivell freàtic sota fonamentació amb tipologia de mur 2 incloent l'empenta passiva d'un rasclet amb una alçada de 0,85m (H/4,1176)**

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ **Problema 10**

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

**Mur de gravetat**

DESCRIPCIÓ **Problema 10\_Mur 2**



ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdós quebrat      Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☒ Rasclet (Opcional)

Alçada total       Urpa

Alçada superior       Coronació

Alçada fonament

Base       Inclinació Trasdós

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

**F.S.B.**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Destabilitzadores

**F.S.LI.**

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Delta Rankine

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori  
MEstabilitzadors

Sumatori  
MDesestabilitzadors

**F.S.B.**

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces  
Estabilitzadores

Sumatori de Forces  
Destabilitzadores

**F.S.LI.**

**Pregunta C:** Determinar els Factors de seguretat amb el nivell freàtic a 5m per sota de la coronació, amb tipologia de mur 2

### CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

---

**DESCRIPCIÓ** Problema 10

---

Alçada 6 m

Angle de fregament intern 30 °

Inclinació del Terreny 6 °

Càrrega superior 0 KN/m

Nivell freàtic des de coronació 5 m

Densitat natural del Terreny 19,6 KN/m<sup>3</sup>

---

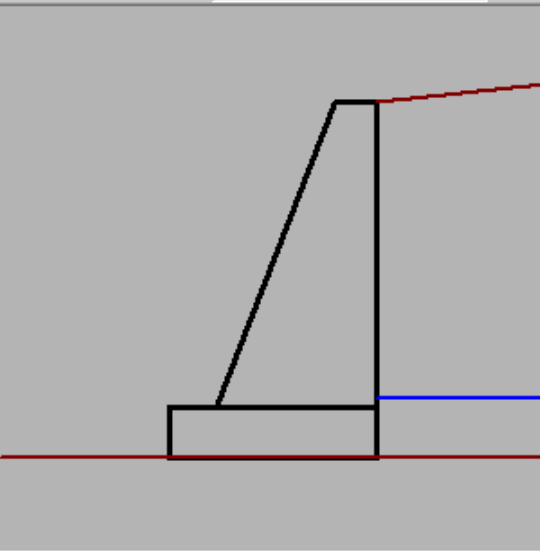
Densitat del Mur 21,56 KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur 6 °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur 28,5 °

**Mur de gravetat**

**DESCRIPCIÓ** Problema 10\_Mur 2



**ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/** 200

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdós quebrat Inclinació quebrat 90  
Alçada quebrat 1,717

**DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR**

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total 6 Urpa 0,8

Alçada superior 5,150 Coronació 0,7

Alçada fonament 0,85

Base 3,5 Inclinació Trasdós 90

**CALCULAR SEGONS COULOMB**

Ka Coulomb 0,339

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 593,949

Sumatori MDesestavilitzadors 235,802

**F.S.B.** 2,519

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores 134,693

Sumatori de Forces Destavilitzadores 122,169

**F.S.LI.** 1,103

**CALCULAR SEGONS RANKINE**

Ka Rankine 0,339 Delta Rankine 6,000

Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstavilitzadors 593,949

Sumatori MDesestavilitzadors 235,802

**F.S.B.** 2,519

Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estavilitzadores 134,693

Sumatori de Forces Destavilitzadores 122,169

**F.S.LI.** 1,103

**Pregunta C:** Determinar els Factors de seguretat amb el nivell freàtic a 4m per sota de la coronació, amb tipologia de mur 2

## CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY I ELS MATERIALS

DESCRIPCIÓ Problema 10

Alçada  m

Angle de fregament intern  °

Inclinació del Terreny  °

Càrrega superior  KN/m

Nivell freàtic des de coronació  m

Densitat natural del Terreny  KN/m<sup>3</sup>

---

Densitat del Mur  KN/m<sup>3</sup>

Delta de Terres-Formigó en el trasdos del mur  °

Delta de Terres-Formigó a la base del mur  °

Mur de gravetat

DESCRIPCIÓ Problema 10\_Mur 2

ESCALA DE LA SECCIÓ DEL MUR : 1/200

☐ Personalitzar escala

☐ Trasdos quebrat Inclinació quebrat   
Alçada quebrat

DADES GRÀFIQUES DE LA SECCIÓ DEL MUR

☐ Rasclat (Opcional)

Alçada total  Urpa   
Alçada superior  Coronació   
Alçada fonament   
Base  Inclinació Trasdos

### CALCULAR SEGONS COULOMB

Ka Coulomb

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors   
Sumatori MDesestabilitzadors

F.S.B.

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores   
Sumatori de Forces Destabilitzadores

F.S.LI.

### CALCULAR SEGONS RANKINE

Ka Rankine  Delta Rankine

#### Factor de Seguretat al Bolcament

Sumatori MEstabilitzadors   
Sumatori MDesestabilitzadors

F.S.B.

#### Factor de Seguretat al Lliscament

Sumatori Forces Estabilitzadores   
Sumatori de Forces Destabilitzadores

F.S.LI.